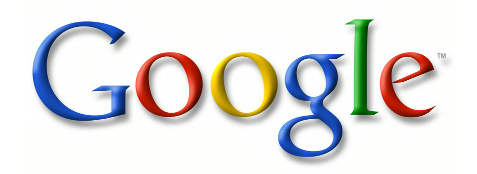




Handbuch

der

Elektrotechnik

bearbeitet von

Professor Dr. **H. Ebert,** München. — Oberingenieur **V. Engelhardt,** Charlottenburg. — Ingenieur **H. Freytag,** Charlottenburg. — Kgl. Bayr. Ober-Regierungsrat Dr. **B. Gleichmann,** München. — Professor Dr. **C. Heinke,** München. — Direktor **R. O. Heinrich** (unterstützt durch Dipl. Ingenieur **D. Bercovitz**) Berlin. — Ingenieur Dr.-Ing. **K. Hohage,** Berlin. — Postrat **O. Jentsch,** Erfurt. — Professor Dr. **J. Kollert,** Chemnitz. — Direktor **O. Krell,** Berlin. — Professor Dr. **F. Niethammer,** Brünn. — Geheimer Rechnungsrat **J. Noebels,** Vorsteher des Telegraphenbaubureaus des Reichs-Postamts, Berlin. — Regierungsbaumeister **Pforr,** Berlin. — Professor **Karl Pichelmayer,** Wien. — Oberingenieur **H. Pohl,** Berlin. — Professor Dr.-Ing. **W. Reichel,** Charlottenburg. — Postrat **A. Schluckebier,** Kiel. — Oberingenieur **E. Schulz,** Saalfeld. — Regierungsbaumeister a. D. **H. Schwerin,** Charlottenburg. — Direktor Dr. **E. Sieg,** Cöln. — Ingenieur **B. Soschinski,** Berlin. — Professor **E. Veesenmeyer,** Stuttgart. — Ingenieur **Rud. Vogel,** Charlottenburg. — Direktor **K. Wilkens,** Berlin. — Ingenieur **R. Ziegenberg,** Berlin

herausgegeben von

Dr. C. Heinke,

ord. Professor der Elektrotechnik an der technischen Hochschule in München.

Elfter Band.

Zweite Hälfte:

Wärmetechnik und Signalwesen

bearbeitet von

V. Engelhardt, Dr.-Ing. **K. Hohage, H. Freytag, H. Schwerin** und **R. Vogel.**

Leipzig

Verlag von S. Hirzel

1908.

Wärmetechnik und Signalwesen

von

V. Engelhardt, Dr.-Ing. Hohage, H. Freytag,
H. Schwerin und R. Vogel.

Zweite Abteilung:

Elektrothermische Einrichtungen und Verfahren

von

V. Engelhardt.

Die elektrische Minenzündung

von

Dr.-Ing. K. Hohage.

Feuertelegraphie

von

H. Freytag.

Elektrische Eisenbahn-Signale und -Weichen

von

H. Schwerin.

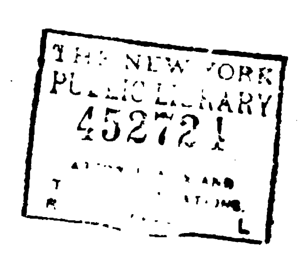
Blocksignale

von

R. Vogel.

Mit 541 Abbildungen und 26 Tafeln.

Leipzig
Verlag von S. Hirzel
1908.



3-1940

Handbuch

der

Elektrotechnik

bearbeitet von

Professor Dr. **H. Ebert,** München. — Oberingenieur **V. Engelhardt,** Charlottenburg. — Ingenieur **H. Freytag,** Charlottenburg. — Kgl. Bayr. Ober-Regierungsrat Dr. **B. Gleichmann,** München. — Professor Dr. **C. Heinke,** München. — Direktor **R. O. Heinrich** (unterstützt durch Dipl. Ingenieur **D. Bercovitz**) Berlin. — Ingenieur Dr.-Ing. **K. Hohage,** Berlin. — Postrat **O. Jentsch,** Erfurt. — Professor Dr. **J. Kollert,** Chemnitz. — Direktor **O. Krell,** Berlin. — Professor Dr. **F. Niethammer,** Brünn. — Geheimer Rechnungsrat **J. Noebels,** Vorsteher des Telegraphenbaubureaus des Reichs-Postamts, Berlin. — Regierungsbaumeister **Pforr,** Berlin. — Professor **Karl Pichelmayer,** Wien. — Oberingenieur **H. Pohl,** Berlin. — Professor Dr.-Ing. **W. Reichel,** Charlottenburg. — Postrat **A. Schluckebier,** Kiel. — Oberingenieur **E. Schulz,** Saalfeld. — Regierungsbaumeister a. D. **H. Schwerin,** Charlottenburg. — Direktor Dr. **E. Sieg,** Cöln. — Ingenieur **B. Soschinski,** Berlin. — Professor **E. Veesenmeyer,** Stuttgart. — Ingenieur **Rud. Vogel,** Charlottenburg. — Direktor **K. Wilkens,** Berlin. — Ingenieur **R. Ziegenberg,** Berlin

herausgegeben von

Dr. C. Heinke,
ord. Professor der Elektrotechnik an der technischen Hochschule in München.

Elfter Band.

Zweite Hälfte:

Wärmetechnik und Signalwesen

bearbeitet von

V. Engelhardt, Dr.-Ing. **K. Hohage, H. Freytag, H. Schwerin** und **R. Vogel.**

Leipzig
Verlag von S. Hirzel
1908.

Wärmetechnik und Signalwesen

von

V. Engelhardt, Dr.-Ing. Hohage, H. Freytag,
H. Schwerin und R. Vogel.

Zweite Abteilung:

Elektrothermische Einrichtungen und Verfahren

von

V. Engelhardt.

Die elektrische Minenzündung

von

Dr.-Ing. K. Hohage.

Feuertelegraphie

von

H. Freytag.

Elektrische Eisenbahn-Signale und -Weichen

von

H. Schwerin.

Blocksignale

von

R. Vogel.

Mit 541 Abbildungen und 26 Tafeln.

Leipzig
Verlag von S. Hirzel
1908.

Lippert & Co. (G. Pätz'sche Buchdr.), Naumburg a. S.

Vorwort des Herausgebers.

Neben der engeren Starkstromtechnik, welche in den ersten 10 Bänden des Handbuches behandelt wird, und der Schwachstromtechnik, welche als Telegraphie und Telephonie den Inhalt des Bandes XII bildet, sind noch eine Reihe wichtiger Grenzgebiete vorhanden, in denen die Verwendung der elektrischen Energie die unerläßliche Grundlage bildet. Zum Teil mehr der Starkstromtechnik, zum Teil mehr der Schwachstromtechnik angehörend, vielfach beide Gebiete umfassend, deren scharfe Abgrenzung übrigens immer schwerer möglich wird, stimmen sie alle darin überein, daß sie wichtige Anwendungsgebiete der Elektrotechnik bilden, deren Berücksichtigung im Rahmen des Handbuches der Elektrotechnik notwendig erschien.

Diese Gebiete wurden im Bande XI des Handbuches zusammengefaßt. Ihr Gesamtumfang machte aber eine Zweiteilung dieses Bandes notwendig, die in der Weise erfolgte, daß das größere Gebiet, welches die elektrischen Anlagen und Einrichtungen auf Schiffen umfaßt und sehr viele und wichtige Sonderheiten in der Ausgestaltung der Anlagenteile darbietet, für sich im ersten Teile des Bandes XI behandelt werden soll. Alle übrigen Gebiete finden sich im vorliegenden zweiten Teile des Bandes XI vereinigt, der wegen der weitergehenden Arbeitsteilung eine raschere Fertigstellung zur Folge hatte und deshalb vor jenem Teile erscheint.

Den ersten größeren Abschnitt dieses Bandes bilden die elektrothermischen Einrichtungen und Verfahren. In ihm sind die wichtigsten Verwendungsgebiete der elektrischen Stromwärme in der Technik behandelt und, soweit sie untrennbar mit elektrolytischen Zersetzungsvorgängen Hand in Hand gehen, auch auf die Einrichtung dieser technisch immer wichtiger werdenden Verfahren eingegangen, ohne jedoch zuweit auf das elektrochemische Gebiet, das von vornherein ausgeschieden wurde, überzugreifen.

Eine besondere Verwendungsart dieser Wärmewirkung, welche im Gegensatz zu dem Starkstromgebiet der vorgenannten Verfahren mehr dem Schwachstromgebiet angehört, bildet die elektrische Minenzündung, welche im zweiten Abschnitt behandelt wurde.

Faßt man beide Gebiete als elektrische Wärmetechnik zusammen, so steht dieser Verwendung der elektrischen Energie als ein weiteres Sammelgebiet das elektrische Signalwesen gegenüber, welches in dem dritten bis fünften Abschnitt dieses Bandes weiterhin in Feuertelegraphie, elektrische Eisenbahnsignale und Weichenstellung, sowie endlich in Blocksignale mit elektrischer Betätigung gegliedert ist.

München, den 8. Juli 1908.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

II. Technische Anwendungen der Lichtbogenerhitzung.

Die elektrische Minenzündung.

Feuertelegraphie.

Elektrische Eisenbahn-Signale und -Weichen.

Blocksignale.

Für eine größere Anzahl von Figuren stellten verschiedene Firmen die Stöcke der in ihren Listen und Bekanntmachungen enthaltenen Abbildungen für den Abdruck freundlichst zur Verfügung. Im Kapitel Minenzündung sind die Figuren 1b, 2, 3, 12, 16 aus Zickler, Die elektrische Minenzündung, 31 aus Guttmann, Handbuch der Sprengarbeit, beide im Verlag von Vieweg und Sohn, Braunschweig erschienen, Fig. 4, 8, 9, 13—15, 17, 19—21b, 43, 44, 53 u. 54 aus Heise, Sprengstoffe und Zündung der Sprengschüsse, Verlag von Jul. Springer in Berlin, und ferner im Kapitel Blocksignale die Figuren 25—27, 35, 36, 41—43 der ETZ. entnommen.

Elektrothermische Einrichtungen und Verfahren

bearbeitet

von

V. Engelhardt.

Einleitung.

Da wir über keinen vollkommenen (widerstandsfreien) Leiter der Elektrizität verfügen, so muß diese in ihrer Fortbewegung bei der Überwindung des Leitungswiderstandes in ähnlicher Weise Arbeit leisten, wie dies bei der Reibung sich bewegender Körper der Fall ist. Die Folge dieser Arbeitsleistung ist die Umwandlung von elektrischer Arbeit in Wärme.[1])

Von diesem allgemeinen Gesichtspunkte aus gesehen finden wir Umwandlung von elektrischer Energie in Wärme auf allen Gebieten der Elektrotechnik, und kann es natürlich nicht Aufgabe des vorliegenden Teiles des Handbuches sein, alle diese Fälle zu behandeln.

Wir können in großen Zügen die durch Stromwärme hervorgebrachten Erscheinungen in drei große Gruppen teilen:

1. Schädliche Wärmeentwickelung, welche nicht erwünscht, aber auch nicht zu umgehen, infolgedessen aber auf ein vom praktischen Standpunkt möglichst geringes Maß herabzudrücken ist. — Hierher würde z. B. alle Umwandlung von Elektrizität in Wärme in Generatoren, Transformatoren für Licht und Kraft, Leitungen usw. zählen.

2. Nützliche Wärmeentwickelung, bei welcher diese aber nicht Endzweck, sondern Begleiterscheinung ist. — Hierher wäre z. B. die Steigerung der Wärmeentwickelung bis zur Lichtemission zu rechnen, also das Glühlicht, ferner die Bogenlampe, die Belastung von Leitungswiderständen für Regulierzwecke usw. In diese Gruppen kann man auch elektrische Erhitzungsverfahren zählen, deren Endzweck nicht die Erwärmung als solche, sondern die Entzündung anderer Körper bildet, also z. B. Minenzünder, Entzündung von Gasflammen auf elektrischem Wege usw.

3. Nützliche Wärmeentwickelung, bei welcher diese selbst Endzweck ist. Mit diesen Erscheinungen hätte sich die vorliegende Veröffentlichung speziell zu befassen.

Doch auch eine nach jeder Richtung ausführliche Behandlung dieser letzten Gruppe würde eine für den vorliegenden Zweck noch zu weitgehende sein. Wenn wir in dieser Gruppe einerseits, z. B. in den elektrischen Heiz- und Kochapparaten, Anwendungsgebiete finden, welche ausschließlich in das Gebiet der reinen Elektrotechnik eingereiht werden können, so kommen wir

1) F. Kohlrausch, Die Energie der Arbeit und die Anwendungen des elektrischen Stromes, 1900, p. 47.

schon bei den elektrischen Schweißverfahren in ein Grenzgebiet zwischen Elektrotechnik und Hüttenwesen. In noch größerem Maße begeben wir uns in Grenzgebiete der Elektrotechnik bei allen den vielen elektrothermischen Verfahren und Konstruktionen elektrischer Öfen, welche für die verschiedensten Zwecke der chemischen und metallurgischen Großindustrie ausgearbeitet wurden. Greifen wir nur einige markante Fälle, wie einen ACHESONschen Widerstandsofen für Carborundumdarstellung, einen BIRKELANDschen Lichtbogenofen für Gewinnung von Salpetersäure aus Luft und einen KJELLINschen Induktionsofen für Herstellung von Elektrostahl heraus, so genügen wohl diese wenigen Beispiele schon, um zu illustrieren, auf welchen heterogenen Gebieten wir in der Industrie elektrothermischen Einrichtungen begegnen. Es kann also nicht Aufgabe der vorliegenden Arbeit sein, die angeführten Grenzgebiete in eingehender Weise auch von ihrer metallurgischen bzw. chemischen Seite zu behandeln, was mit der Verfassung eines Handbuches der angewandten Elektrochemie ziemlich gleichbedeutend wäre. Es wird vielmehr Aufgabe des Verfassers sein, an einigen markanten Beispielen die mehr konstruktive, also den Zielen des Handbuches der Elektrotechnik näher liegende Seite zu beleuchten.

Von diesem Gesichtspunkt ausgehend wird es richtiger sein, das Gebiet nicht auf Grund der einzelnen Anwendungsmöglichkeiten zu unterteilen, sondern zur Scheidung in zwei große Gruppen zunächst die Hauptformen heranzuziehen, in welchen elektrothermische Verfahren zur Anwendung gelangen. Es ist dies einerseits die elektrische Widerstandserhitzung durch Belastung fester oder flüssiger Leiter mit abnormalen Stromdichten, anderseits die Erhitzung im Lichtbogen, also gewissermaßen eine Erhitzung gasförmiger Widerstände. Der Einfachheit halber wollen wir für diese beiden Formen in der Folge die Ausdrücke Lichtbogenerhitzung und Widerstandserhitzung gebrauchen.

Beide Erhitzungsarten besitzen eine Reihe von Vorteilen gegenüber den rein thermischen Verfahren. Diese Vorteile faßte BORCHERS[1]) schon 1897 in folgenden Sätzen zusammen:

> „Keine andere Erhitzungsmethode gestattet die Konzentration „fast beliebig großer Wärmemengen auf einen beliebig kleinen Raum.
>
> „Keine andere Erhitzungsmethode ermöglicht uns die Erreichung „annähernd gleicher Wärmegrade.
>
> „Keine andere Erhitzungsmethode macht uns so unabhängig von „den Einflüssen des Ofenbaumaterials, der Feuergase und anderer „Schwächen der eigentlichen Feuerungstechnik."

Im wesentlichen lassen sich die beiden Formen elektrischer Erhitzung noch dadurch charakterisieren, daß wir es unter sonst gleichen Umständen bei der Widerstandserhitzung in der Regel mit verhältnismäßig niederen Spannungen und hohen Stromstärken, bei der Lichtbogenerhitzung mit relativ hohen Spannungen und niedrigeren Stromstärken zu tun haben.

Es wäre nicht leicht, einen historischen Überblick rücksichtlich der Wärmeentwickelung in strombelasteten Leitern und im Lichtbogen nur im Hinblick auf das in Rede stehende Gebiet zu geben, da beide Erscheinungsgruppen im wesentlichen von viel allgemeineren Gesichtspunkten aus studiert

1) BORCHERS, Entwicklung, Bau und Betrieb der elektrischen Öfen. Halle a. S., 1897, p. 7.

wurden, als sie für den vorliegenden Abschnitt in Frage kommen. Trotzdem sollen aber einige wichtige historische Daten hier herausgegriffen und angeführt werden [1]) (vgl. hierzu auch Bd. I, 1).

Die ersten Beobachtungen über elektrothermische Erscheinungen fallen wohl in die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts. Wenn auch schon Ende des siebzehnten und anfangs des achtzehnten Jahrhunderts WALL und HAWKSBEE die Bildung elektrischer Funken beobachteten, so berichtet C. F. LUDOLF erst 1744 über die Entzündung von Äther durch elektrische Entladungen. Im selben Jahre gelang es WINKLER [2]), Pech, Siegellack, Öl und andere brennbare organische Körper auf gleichem Wege zur Entzündung zu bringen. In ähnlicher Richtung bewegten sich Versuche von GRALATH. [3]) Es fehlte um diese Zeit auch nicht an Versuchen, metallische Leiter durch statische Entladungen zum Glühen und Schmelzen zu bringen. So brachte KINNERSLEY einen dünnen Eisendraht zum Schmelzen, führte FRANKLIN ähnliche Versuche an Messingdrähten und v. MARUM eine ganze Reihe ausführlicher Versuche durch. Schon bei diesen mehr tastenden Versuchen erkannte man gewisse Beziehungen zwischen der Länge und dem Querschnitt des Leiters und der für die Hervorbringung der elektrothermischen Erscheinungen erforderlichen Kraft. Ebenso kam man zur Erkenntnis, daß bei Leitern von gleichen Abmessungen, aber verschiedenen Metallen der Kraftverbrauch ein verschiedener ist.

In erhöhtem Maße wurden solche Versuche durchgeführt, als den Experimentatoren in der VOLTAschen Säule eine bequemere und ausgiebigere Stromquelle zur Verfügung gestellt wurde. So brachte CHILDERN [4]) 1816 mit einer Batterie von 21 Plattenpaaren (die Zinkplatten hatten 32 □ Fuß, die Kupferplatten die doppelte Oberfläche) einen Platindraht von $8^1/_2$ Fuß Länge und 0·11 Zoll Dicke zum Glühen.

DAVY [5]) veröffentlichte dann 1821 seine eingehenden Versuche an Drähten von gleichen Abmessungen und verschiedenem Metall und stellte als Resultat seiner Beobachtungen den Satz auf, daß bei gleicher Stärke der VOLTAschen Säule die Erwärmung der Drähte eine verschiedene sei. Dadurch wurde die Behauptung OERSTEDTS bestätigt, daß die geringere oder stärkere Erwärmung des Leiters von dem geringeren oder höheren Widerstand des Metalles abhängig sei. Diese Arbeiten, welche wir als Vorläufer der Untersuchungen JOULES ansehen können, baute DAVY im gleichen Jahre noch weiter aus. Auf Grund eines Versuches, bei welchem ein durch Strom schwach glühend erhaltener Draht an einer Stelle stark erhitzt wurde, worauf an den übrigen Stellen des Drahtes das Glühen aufhörte, kam DAVY zur Erkenntnis, daß der Widerstand eines metallischen Leiters mit steigender Temperatur zunimmt.

Der durch diese Versuche festgestellte Zusammenhang zwischen aufgewendetem Strom und Wärmeentwickelung wurde zunächst von einer ganzen Reihe von Forschern, wie OHM [6]), FECHNER [7]), DE LA RIVE [8]), PELTIER [9]),

1) E. HOPPE, Geschichte der Elektrizität, 1884.
2) Gedanken von der Elektrizität. Leipzig, 1744, p. 58.
3) GRALATH, Geschichte der Elektrizität, II, p. 438.
4) Gilberts Annalen LII, 1816, p. 353, 369.
5) Phil. Transactions, 1821, p. 7.
6) Kastners Archiv **16**, 1. 1829.
7) Lehrbuch, 1829, p. 317.
8) Ann. de Chim. et de Phys. **42**, p. 193.
9) Ann. de Chim. et de Phys. **63**, p. 249.

Vorsselmann de Heer[1]), unrichtig gedeutet, wobei die Mehrzahl der Ansicht zuneigte, daß die Wärmeentwickelung nur der Stromstärke direkt proportional sei.

Die genauere Feststellung der Wechselbeziehungen zwischen der Erwärmung metallischer Leiter, der Stromintensität und der Natur des Leiters selbst verdanken wir Joule[2]), welcher 1841 das Resultat seiner Untersuchungen in dem Satze zusammenfaßte, daß die in metallischen Leitern der Elektrizität in gleichen Zeiten durch den Strom entwickelten Wärmemengen dem Quadrat der Stromstärke und dem Leitungswiderstand direkt proportional sind.

Wenn also J die Stromstärke, R den Leitungswiderstand, l die Länge, d den Querschnitt des Leiters, r den spezifischen Widerstand und W die in der Zeiteinheit entwickelte Wärmemenge bezeichnet, so ist

$$W = \text{const } J^2 R = \text{const } \frac{J^2 l r}{d}.$$

Es ist also die durch Ströme von gleicher Intensität entwickelte Wärme direkt proportional der Länge und dem spezifischen Widerstande und umgekehrt proportional dem Querschnitt des metallischen Leiters, wobei die Konstante von der Natur des Leiters abhängig ist.

Dieses Gesetz wurde von Joule auch auf Elektrolyte ausgedehnt.[3])

Es sei hier nur kurz darauf hingewiesen, daß ziemlich in die gleiche Zeit die Entdeckung des Gesetzes der Erhaltung der Kraft durch Robert Mayer (1842) fällt, wenn auch die allgemeine Bedeutung dieses Gesetzes erst viel später erkannt wurde.

Da Joule bei seinen Versuchen die Abkühlung des Probeapparates nicht in genügendem Umfange berücksichtigte, so wurde die Gültigkeit seines Gesetzes in den folgenden Jahren von mehreren Seiten, insbesondere von Bequerel[4]), Lenz[5]) und Otto[6]) mit genaueren Apparaten nachgeprüft und bestätigt. Lenz wies vor allem einwandfrei nach, daß bei stärkerer Erhitzung des metallischen Leiters die in der Zeiteinheit erzeugte Wärmemenge etwas größer ist, als sich durch Berechnung au der Jouleschen Formel ergeben würde. Diese Erscheinung wird durch den Umstand erklärt, daß der Widerstand der metallischen Leiter mit zunehmender Erwärmung steigt.

Ausgedehnte Versuchsreihen von Romney Robinson[7]) bestätigten diese Erkenntnis.

Wenn wir in dem Jouleschen Gesetze einfache Beziehungen für die in metallischen Leitern erzeugten Wärmemengen finden, so werden die Verhältnisse schon etwas komplizierter, wenn es sich um die für technische Zwecke ja besonders wichtige Temperaturerhöhung handelt. Diese ist nicht nur dem Werte $J^2 R$ direkt, sondern auch noch der spezifischen Wärme umgekehrt proportional. Hierzu kommt noch der Einfluß der Wärmeabgabe des Leiters nach außen. Diese Abgabe ist natürlich besonders bei hohen Temperaturen

1) Pogg. Ann. **46**, p. 519. 1830.
2) Phil. Mag. **19**, p. 260. 1841.
3) Phil. Mag. **19**, p. 274. 1841.
4) Archives **3**, p. 181. 1843. Annales de Chim. et de Phys. **9**, p. 21. 1843.
5) Pogg. Ann. **61**, p. 18. 1844.
6) Arch. de l'Eléctr. **5**. 1845.
7) Trans. Irish Acad. **22**, p. 3. 1849.

von großem Einfluß; hierzu kommt noch, daß der Leiter im Innern heißer ist, als an der Oberfläche, und ist endlich noch zu berücksichtigen, daß sich die Verhältnisse noch weiter ändern, wenn der Leiter ganz oder teilweise von isolierenden Schichten umgeben ist. Mit Berechnungen über diese Temperaturerhöhung metallischer Leiter, auf welche hier nur verwiesen werden soll, beschäftigten sich J. MÜLLER[1]), WALTENHOFEN[2]), DORN[3]) und KITTLER.[4]) Man kam zu dem Ergebnis, daß die Temperaturerhöhung elektrisch erwärmter metallischer Leiter dem spezifischen Leitungswiderstande und dem Quadrat der Stromstärke direkt und dem Emissionsvermögen und der dritten Potenz des Durchmessers umgekehrt proportional ist.

OELSCHLÄGER[5]) errechnete eine angenäherte Formel für die Temperaturerhöhung eines Drahtes beim Durchgang starker Ströme und fand die mittlere Temperaturerhöhung t für nackte Drähte vom Halbmesser R

$$t = \frac{J^2 s}{4 c \pi^2 R^3} \left(\frac{1}{2K} R + \frac{2}{h} \right),$$

wobei s = spezifischer Widerstand bezogen auf Quecksilber, K = Wärmeleitungskoeffizient, h = Wärmeausstrahlungskoeffizient von Kupfer, $c = 9{\cdot}81 \times 424 \times 1.06$. Die Formel ist eine nur angenäherte, da auch in ihr dem Temperaturabfall vom Innern des Drahtes gegen außen nicht Rechnung getragen ist.

Berechnungen, bei welchen auch auf diesen Umstand Rücksicht genommen ist, rühren von CRANZ[6]) her.

Wird die Intensität des Stromes entsprechend gesteigert, so können die metallischen Leiter zum Glühen und endlich zum Schmelzen gebracht werden. Für diese Stadien, bei welchen sich infolge der bedeutenden Temperaturerhöhung sowohl die spezifischen Widerstände und die spezifischen Wärmen, als auch die Wärmeabgaben an die Luft bzw. den umgebenden Isolator und durch Strahlung in noch nicht genau bekannten Grenzen ändern, ist es noch schwieriger, zu einfachen Prinzipien zu gelangen.

Wurde in der vorstehenden, kurzen historischen Übersicht in erster Linie nur die Widerstandserhitzung berücksichtigt, so seien noch, ehe wir zu den elektrotechnischen Anwendungen elektrothermischer Erscheinungen übergehen, kurz einige historische Daten über den elektrischen Lichtbogen angeführt.

Allgemein wird DAVY die Entdeckung des zwischen Kohlenelektroden überspringenden Lichtbogens zugeschrieben, obwohl VOLTA schon die Zugehörigkeit der Kohle zu den guten Leitern erkannt, RITTER den Unterschied zwischen Schließungs- und Öffnungsfunken beobachtet und PFAFF schon nachgewiesen hatte, daß der Funke nichts anderes sei als glühend gewordene, abgerissene Metallteilchen.[7]) Auch hatte RITTER schon einseitig einen Kohlenstift zum Schließen der Kette verwendet. Selbst die Anwendung

1) Berichte der naturforschenden Gesellschaft. Freiburg VI.
2) Sitzungen der kgl. böhm. Gesellsch. der Wissensch. Prag, 1874.
3) Bericht über die Elektrizitätsausstellung. München, 1882, p. 15.
4) Wied. Annal. 24, p. 604. 1885.
5) ETZ. Berlin 6, 1885, p. 93.
6) ETZ. Berlin 9, 1888, p. 426.
7) E. HOPPE, Geschichte der Elektrizität, 1884, p. 512.

von Kohlenleitern an beiden Polen war schon 1820 von De la Rive vorgeführt worden, während Davy seine Versuche erst 1821 veröffentlichte.

Das Verdienst Davys ist also im wesentlichen auf die Erzeugung eines Lichtbogens von besonderer Kontinuität und Stärke zurückzuführen, wozu er in seiner großen Batterie von 2000 Zink-Kupfer-Kochsalzelementen ein geeignetes Mittel zur Verfügung hatte.

Bei allen diesen Versuchen wurde der Lichtwirkung des Bogens die größere Aufmerksamkeit zugewendet, und sind Untersuchungen elektrothermischer Natur mehr vereinzelt. So hatte z. B. Davy bei seinen Versuchen Quarz, Saphir und Kalk im Lichtbogen verdampft. Sehr gefördert wurden solche Arbeiten durch die Erfindung der weitaus kräftigeren Bunsen- und Grove-Elemente. 1844 verwendete Foucault Retortenkohle anstatt Holzkohle, und 1846 ging man zu besonders präparierten Kohlen über. Es beginnt um diese Zeit die außerhalb des Rahmens der vorliegenden Arbeit liegende Entwickelung der Reguliervorrichtungen für die Kohlen. 1847 beobachtete De la Rive die ungleiche Wärmeentwickelung an den beiden Polen des Lichtbogens und zwar, daß diese am positiven Pole größer, am negativen geringer sei.[1]) 1849 veröffentlichte Depretz[2]) Versuche mit einer großen Batterie von 600 Zinkkohlenelementen, mit welchen es ihm gelang, die schwerst schmelzbaren Körper, wie Tonerde, Platin und Iridium, im Lichtbogen zu schmelzen und zu verdampfen. Temperaturmessungen am Lichtbogen wurden 1879 von Rosetti durchgeführt. Er bezifferte die Temperatur zwischen den Kohlenspitzen mit 2500 bis 3900° C, am positiven Pol mit 2138 bis 2530° C. Violle und Gray bestimmten die Temperatur des positiven Poles zu ca. 3500° C. An neueren Arbeiten seien die von S. P. Thompson[3]) hier angeführt.

Für einzelne, in diesem Abschnitte zu behandelnde Arbeitsgebiete ist die Ablenkbarkeit des Lichtbogens durch Magnete von Interesse, da diese Erscheinung nicht nur bei einigen Metallbearbeitungsverfahren (Schweißen und Löten), sondern auch für die Herstellung ausgebreiteter Lichtbögen bei der Behandlung von Gasen für elektrochemische Zwecke, z. B. das Birkelandsche Verfahren der Herstellung von Salpetersäure aus Luft als Grundlage technischer Konstruktionen diente.

Analog der Einwirkung eines Magneten auf einen vom Strom durchflossenen Leiter beobachtete Davy[4]) die Anziehung und Abstoßung eines Lichtbogens durch den Magneten. De la Rive[5]) gelang es sogar bei Anwendung sehr starker Magnete den Lichtbogen abzureißen. Quet[6]) erreichte durch die magnetische Ablenkung eine Spitzflamme, ähnlich der Flamme eines Lötrohres, und finden wir also hier den Grundgedanken für einzelne später zu technischer Anwendung gelangte Schweißverfahren.

Eine technische Anwendung elektrothermischer Erscheinungen, sei es durch Widerstandserhitzung in festen Leitern, sei es im Lichtbogen, finden

1) Phil. transactions, 1847. — Pogg. Ann. LXXVI, p. 170. — Siehe auch Walker, Transactions of the Lond. electr. Soc. — Pogg. Ann. LV, p. 62.
2) Compt. rend. Juli 1849, Nr. 3. Dinglers polyt. Journ. CXIV, 342.
3) Zschr. f. El. Ch. II, p. 593. 1896.
4) Phil. Trans. 2, p. 427. 1821. Gilb. Annal. 71, p. 241.
5) Pogg. Annal. 76, p. 280. 1847.
6) Compt. rend. 34, p. 805. 1852

wir, wenn wir von den außerhalb des Bereiches dieser Arbeit liegenden Anwendungen in der Sprengtechnik, welche sich bis 1829 zurückverfolgen lassen, absehen, in beachtenswertem Umfange wohl erst gegen das Jahr 1880, in welche Zeit William Siemens Versuche über elektrisches Stahlschmelzen, sowie die ersten Anfänge elektrischer Löt- und Schweißverfahren und ähnlicher Anwendungen fallen. Auf die historische Entwickelung der einzelnen technischen Anwendungen wird erforderlichenfalls wohl besser bei Besprechung dieser selbst näher eingegangen.

I. Technische Anwendungen der Widerstandserhitzung.

In seinen verschiedenen Veröffentlichungen über elektrische Öfen unterscheidet BORCHERS[1]) zwei Arten der Widerstandserhitzung, je nachdem der zu erhitzende Körper selbst als Leitungswiderstand in einen Stromkreis eingeschaltet ist oder sich mit einem elektrisch geheizten Widerstand in Berührung befindet.

Diese grundlegende Gruppierung können wir beibehalten, wenn wir auch in unseren Ausführungsbeispielen nicht nur auf elektrische Öfen, sondern auch auf sonstige elektrothermische Anwendungen (Schweißverfahren, elektrisches Heizen und Kochen usw.) einzugehen haben. Um die Übersicht über die einzelnen Verwendungsgruppen zu erleichtern, wollen wir einleitungsweise schon hier die Unterteilung der Anwendungsgebiete vornehmen.

1. Die zu erhitzende Substanz ist selbst als Leitungswiderstand in einen Stromkreis eingeschaltet:

A. Der zu erhitzende Körper bildet nur einen Teil des primären oder sekundären Stromkreises (direkte Widerstandserhitzung).
  a) Der Widerstand ist ein metallisch leitender Körper.
    α) Widerstandsschweißung.
    β) Elektrische Öfen mit direkter Widerstandserhitzung.
      αα) Laboratoriumsöfen.
      ββ) Industrielle Öfen.
  b) Der Widerstand ist ein Elektrolyt.
    α) In wässeriger Lösung.
    β) Im geschmolzenen Zustand.
  c) Der Widerstand ist ein Gas.

B. Der zu erhitzende Körper bildet einen sekundären Stromkreis (Induktionserhitzung).

2. Die zu erhitzende Substanz ist in Berührung mit einem elektrisch geheizten Widerstand.

A. Der Widerstand besteht aus einem zusammenhängenden Leiter.
  a) Heiz- und Kochvorrichtungen und sonstige häusliche und gewerbliche Anwendungen.

---

1) BORCHERS, Entwicklung, Bau und Betrieb der elektrischen Öfen, 1897. BORCHERS, Die elektrischen Öfen, 1907.

b) Laboratoriumsöfen.
c) Industrielle Öfen.

B. Der Widerstand besteht aus einzelnen sich berührenden Teilen.
a) Heiz- und Kochvorrichtungen und sonstige häusliche und gewerbliche Anwendungen.
b) Laboratoriumsöfen.
c) Industrielle Öfen.

---

1. Die zu erhitzende Substanz ist selbst als Leitungswiderstand in einen Stromkreis eingeschaltet.

A. Der zu erhitzende Körper bildet einen Teil des primären oder sekundären Stromkreises (direkte Widerstandserhitzung).

a) Der Widerstand ist ein metallisch leitender Körper.

α) Widerstandsschweißung
und ähnliche Metallbearbeitungsverfahren.

Die Verwendungsarten der elektrischen Schweißung kann man im wesentlichen auf zwei Grundformen zurückführen, die man wohl am treffendsten als Querschnitts- und als Längsschweißung bezeichnen kann. Für die erstere Art der Schweißung kommt speziell die Widerstandserhitzung in Betracht. Das Wesen dieser Schweißung besteht darin, daß durch Kurzschluß zwischen den Enden zweier metallischer Leiter eine derartige Temperaturerhöhung hervorgerufen wird, daß das Metall erweicht, also Schweißtemperatur eintritt. Wir haben infolgedessen bei dieser Schweißart mit der Verwendung von Strömen hoher Intensität und niederer Spannung zu rechnen. Wenn auch in erster Linie Eisen als ein relativ schlecht leitendes Metall als zu schweißendes Material in Frage kommt, so sind doch bei halbwegs größeren Querschnitten die erforderlichen Stromstärken ganz beträchtliche. Die Eigenart dieses Schweißverfahrens bedingt ferner für die meisten Zwecke speziell angepaßte Vorrichtungen, wodurch sich von selbst ergibt, daß es ein auf Massenfabrikation zugeschnittenes Arbeitsgebiet ist. Es ist daher auch von Amerika nach unserem Kontinent gekommen, wo es sich nur verhältnismäßig langsam einbürgerte.

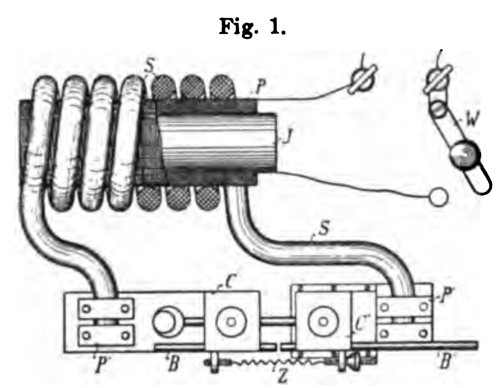
Als Vater der Widerstandsschweißung kann wohl der Amerikaner ELIHU THOMSON bezeichnet werden, dessen erste Beobachtungen und Arbeiten auf diesem Gebiete bis 1877 zurückverfolgt werden können. Schon 1881 faßte THOMSON die elektrische Schweißung von Kupferdrähten ins Auge, die er für seine Zwecke nicht in genügenden Längen bekommen konnte.

Die ersten eingehenden Nachrichten über das THOMSONsche Schweißverfahren kamen Mitte der achtziger Jahre des verflossenen Jahrhunderts nach Europa.[1]) Am 9. Dezember 1886 hielt THOMSON vor der American

1) R. RÜHLMANN, Bearbeitung der Metalle mit Hilfe der Elektrizität. ETZ- VIII. 1887, p. 57. Siehe auch Electrical Review XIX, p. 274.

Society of Arts einen Vortrag, in welchem er mitteilte, daß in den Werkstätten der THOMSON-HOUSTON-CY. in Lynn schon seit einiger Zeit alle Verbindungen an Kupfer- und Eisendrähten mit Hilfe des elektrischen Stromes durchgeführt würden. Schon damals erhielt THOMSON die besten Resultate mit Wechselstrom, der auf $^1/_2$ bis 2 Volt Spannung heruntertransformiert war.

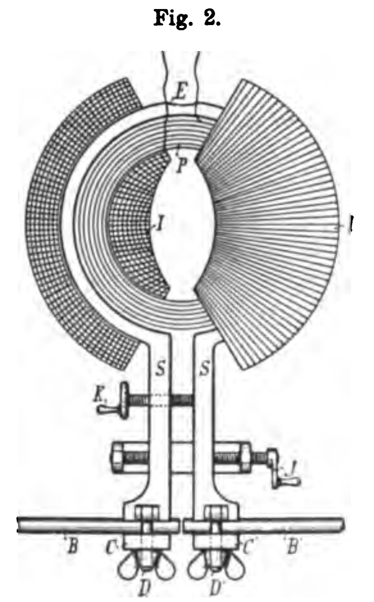
Fig. 1.



THOMSONscher Schweißtransformator. (Ältere Ausführungsform.)

Des historischen Interesses halber sei in Fig. 1 eine der ersten Ausführungsformen dargestellt, die THOMSON seinen Schweißapparaten gab. Der Apparat sah einem Induktorium sehr ähnlich. In der Figur bezeichnet *P* die Primärspule, *J* den Kern aus Eisendrähten, *S* die aus wenigen Kupferstabwindungen bestehende Sekundärspule, welche an zwei starke Kupferklemmen *PP'* angeschlossen war. Durch eine isolierte Spannvorrichtung *Z* wurden die auf Gleitschienen beweglichen und mit *PP'* leitend verbundenen Klammern einander genähert und die zu schweißenden Enden *BB'* aneinander gedrückt. Die Stromstärke regulierte THOMSON durch Verschiebung des Eisenkerns in der Primärspule oder durch Änderung der Erregung an der Wechselstrommaschine.

Fig. 2.



THOMSONscher Schweißtransformator. (Ältere Ausführung.)

Für die Schweißung stärkerer Metallstücke verwendete THOMSON einen Apparat mit nahezu geschlossenem magnetischen Feld, der in Fig. 2 dargestellt ist. *P* bezeichnet wieder die Primärspule, während die sekundäre Windung von einem Kupferstab gebildet wird, der zu einem offenen Ring gebogen ist und mit seinen Enden in die Klemmen *cc'* übergeht, welche die zu schweißenden Stücke *BB'* festhalten. Die sekundäre Windung ist in *E* etwas dünner im Querschnitt, um ein Federn des Ringes zuzulassen. Das magnetische Feld wird durch die Eisendrahtwickelung *I* gebildet. Zum Zusammenpressen der zu schweißenden Stücke dient die isolierte Klammer *J*. Wird diese nach vollendeter Schweißung gelüftet, so kann man durch die isolierte Schraube *K* die beiden Backen der Sekundärwickelung wieder voneinander entfernen.

An dem ursprünglichen Prinzip des THOMSON-Verfahrens ist auch heute noch nichts Wesentliches geändert. Charakteristische Eigenschaften des Verfahrens gegenüber anderen, an späterer Stelle zu besprechenden Verfahren im Lichtbogen sind vor allem, daß der Arbeiter nicht durch die Hitze belästigt und durch starke Lichtentwickelung geblendet wird, so daß er die

Schweißtemperatur richtig einschätzen kann. Da ferner die zu schweißenden Stücke in der Regel derart vorgerichtet sind, daß sie sich beim Schweißen zuerst im Innern berühren, so erfolgt die Wärmeentwickelung von innen nach außen. Es ist also auch aus diesem Grunde der Schweißprozeß leichter zu beobachten und tritt kein schädlicher Einfluß der Atmosphäre durch Oxydation oder Schlackenbildung auf. Da die sich zuerst berührenden Teile eine rasche Temperaturerhöhung erfahren, sinkt ebenso schnell ihre Leitfähigkeit, so daß auf die kälteren Stellen höhere Stromdichten entfallen, es tritt daher sozusagen automatisch der Temperaturausgleich ein. Diese Vorteile der Widerstandsschweißung geben eine Gewähr für die vollständige Homogenität und ferner dafür, daß kein Verbrennen der Schweißstellen eintritt. Gegenüber der Schweißung im Feuer hat die Widerstandsschweißung auch noch den großen Vorteil der Arbeit- und Zeitersparnis. Sie ist also dort, wo eine entsprechende Massenfabrikation die Aufstellung solcher Spezialmaschinen rechtfertigt, auch billiger. Auch die Festigkeit ist bei den elektrisch geschweißten Stücken größer, als bei solchen, die von Hand geschweißt sind. Vorliegende Untersuchungen beziffern bei handgeschweißten Stücken die Festigkeit mit 89·3 %, bei elektrisch geschweißten mit 91·9 % der Festigkeit des gleichen ungeschweißten Profils.

Sie erfordert endlich geringere Übung seitens des Arbeiters, ist also auch qualitativ sicherer.

Da bei der Widerstandsschweißung in einem Stromkreis von sehr niederer Spannung gearbeitet werden muß, so ist große Rücksicht auf die Vermeidung von Spannungsverlusten zu nehmen. Die Betriebsspannung ist natürlich von dem Leitungskoeffizienten des Materials, dem Querschnitt der zu schweißenden Gegenstände und der Schweißdauer abhängig, doch bewegt sie sich immer in verhältnismäßig engen Grenzen, während die Stromstärke bei den sehr verschiedenen Querschnitten, die zur Behandlung kommen, in sehr weiten Grenzen schwankt und stets ganz beträchtliche Größen erreicht. Durch diese Umstände ist schon an und für sich die Verwendung von transformiertem Wechselstrom so gut wie vorgeschrieben, abgesehen davon, daß sich bei der Verwendung von Gleichstrom die beiden zu schweißenden Metallstücke nicht gleich stark erhitzen. Die günstigste Stromart für den Betrieb von Schweißmaschinen ist einphasiger Wechselstrom, während bei Drehstrom in der Regel doch schon ins Gewicht fallende Belastungen der einen Phase auftreten, wenn nicht mehrere Schweißmaschinen in die verschiedenen Phasen verteilt werden können.

Gewöhnlich wird mit Wechselstrom von 50 Perioden und mit 300 Volt Primärspannung gearbeitet, welche auf 0·5 bis 5 Volt sekundär heruntertransformiert wird.

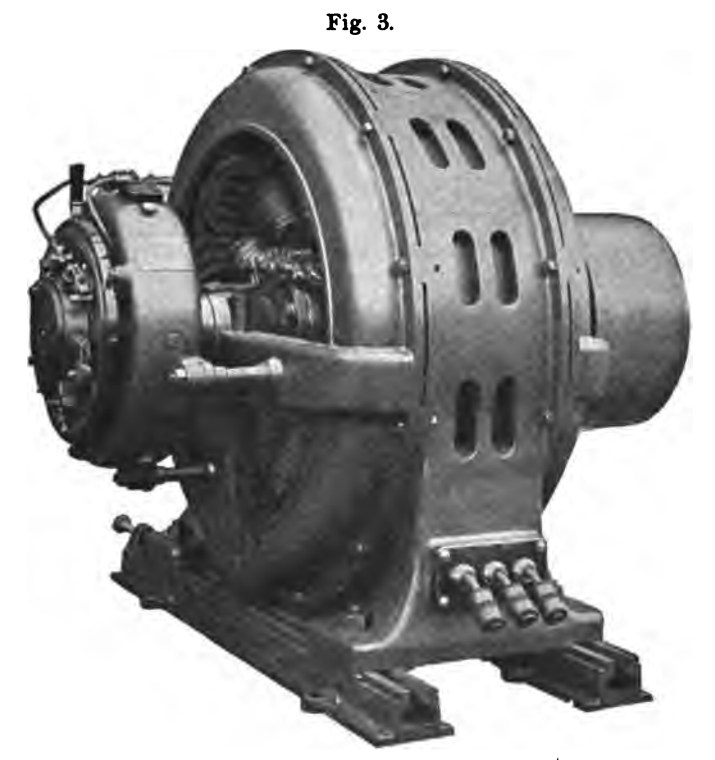
Die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft begrenzt die für Schweißzwecke verwendbaren Periodenzahlen zwischen 40 und 125 und ist bei Eisen- und Stahlquerschnitten, die 180 qmm überschreiten, für die Aufstellung eigener Spezialgeneratoren, an welche hohe Anforderungen bezüglich der Regulierbarkeit gestellt werden müssen.

Bei Verwendung vorhandener Stromquellen von entsprechenden Verhältnissen bestehen also die Schweißmaschinen aus einem mit verschiedenen, für den vorliegenden Zweck erforderlichen Einrichtungen auszurüstendem Spezialtransformator, während bei Mangel einer eigenen Primäranlage die Schweißmaschinen auch direkt mit dem entsprechenden Generator, bzw. bei

vorhandenem Gleichstrom mit dem bezüglichen Umformer zusammengebaut werden können.

Fig. 3 zeigt einen Wechselstromgenerator für Schweißzwecke der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Fig. 4 einen dazu gehörigen

Fig. 3.



Wechselstrom-Dynamomaschine für Schweißzwecke der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.

Magnetregulator, welcher in der Nähe des Schweißapparates aufgestellt wird, um dem Arbeiter die Möglichkeit zu geben, die Spannung an der Primärmaschine einzustellen, ohne seinen Platz zu verlassen.

Fig. 4.



Magnetregulator.

Was die Schweißapparate selbst anbelangt, so besteht der wichtigste Teil derselben, der Transformator, aus einer Primärspule, welche in die Aussparungen der gewöhnlich aus einer einzigen Windung von meistens H-förmigem Querschnitt bestehenden Sekundärwickelung eingelegt ist. Außerdem enthält die Schweißmaschine eine Kontaktvorrichtung, eine Klemmung und eine Vorrichtung zum Zusammenpressen der auf Schweißhitze gebrachten Teile. Ist eine Regulierung am Schweißapparat erforderlich, was besonders beim Schweißen verschiedener Querschnitte mit dem gleichen Apparat der Fall ist, so erhält dieser einen Reguliertransformator, die sogenannte Reaktanzspule, durch welche die Stromstärke am Schweißapparat nach Wunsch reguliert werden kann. In Fig. 5 ist ein solcher Regulierapparat der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft dargestellt.

Er besteht aus einem eisernen Grundrahmen, einer Kupferhaube, einem Schalter und zwei laminierten Eisenkernen, welche konzentrisch gelagert sind, so daß der kleinere teilweise innerhalb des größeren gedreht werden kann. Der größere Kern ist mit zwei getrennt gewickelten Spulen ausgerüstet, welche in Serie oder parallel geschaltet werden können.

Je nach der Arbeitsweise, welcher die Schweißmaschinen anzupassen sind, kann man sie in Universal- und Spezialschweißmaschinen einteilen. Die ersteren dienen dazu, Arbeiten verschiedener Natur mit dem gleichen Transformator und nur einer Schweißbank auszuführen. Diese muß dann allerdings verschiedene Aufsätze für die unterschiedlichen Manipulationen erhalten. So gestattet z. B. eine normale Universalschweißmaschine Stoßschweißungen, Schweißungen unter Winkeln und kreuzweises Schweißen von Drähten, Rundeisen, Vierkanteisen, Winkeleisen, sowie aller Arten Façoneisen und Stahl. Werden die entsprechenden Aufsätze ausgewechselt, so kann eine solche Universalschweißmaschine auch zum Schweißen von Rohren und Reifen verwendet werden.

Fig. 5.



Reguliertransformator, Type EE der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.

Schweißmaschinen kleinerer Type werden für Handbetrieb, größere, insbesondere Spezialmaschinen, auch für mechanischen Antrieb schon aus dem Grunde gebaut, daß der Druck von Hand nicht mehr für das Zusammenpressen der schweißwarmen Stücke ausreicht. Spezialmaschinen für Massenfabrikation, insbesondere kleinerer Gegenstände, werden auch zu automatischen Maschinen ausgebildet, bei welchen dann das Zu- und Abführen des Gegenstandes mit mechanischen oder elektromagnetischen Vorrichtungen, das Ein- und Ausklemmen, Zusammendrücken, Öffnen und Schließen des Stromes mit Relais in Verbindung mit mechanischem Antrieb erfolgt. Diese Maschinen erfordern daher ein genau gleichmäßig vorgerichtetes Material, und darf daher ein bei geringen Abweichungen in den Dimensionen schon eintretender Ausschuß keine Rolle spielen.

Mit Rücksicht darauf, daß die Schweißmaschinen, wenn sie sich bezahlt machen sollen, Dauerarbeit zu leisten haben, werden die der Schweißstelle zunächst liegenden Teile der Maschine immer wärmer. Es sind daher derartige Maschinen mit Wasserkühlung versehen.

In Fig. 6 ist eine Werkbank für eine Universalschweißmaschine der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft ohne Klemmvorrichtungen dargestellt. Das abgebildete Modell kann die Klemmvorrichtungen für Schweißung von Rund- und Flacheisen und anderen vollen Profilen aufnehmen. Die im Schlitten beweglichen Platten der Werkbank können durch Handrad und Hebel gegeneinander verschoben werden. Fig. 7 zeigt eine Klemmvorrichtung für eine solche Universalschweißmaschine der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft. Dieser Aufsatz ist speziell für Rohrschweißungen und sonstige verschiedene Arbeiten bestimmt. Die Klemm-

Fig. 6.



Werkbank ohne Klemmvorrichtung der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.

Fig. 7.



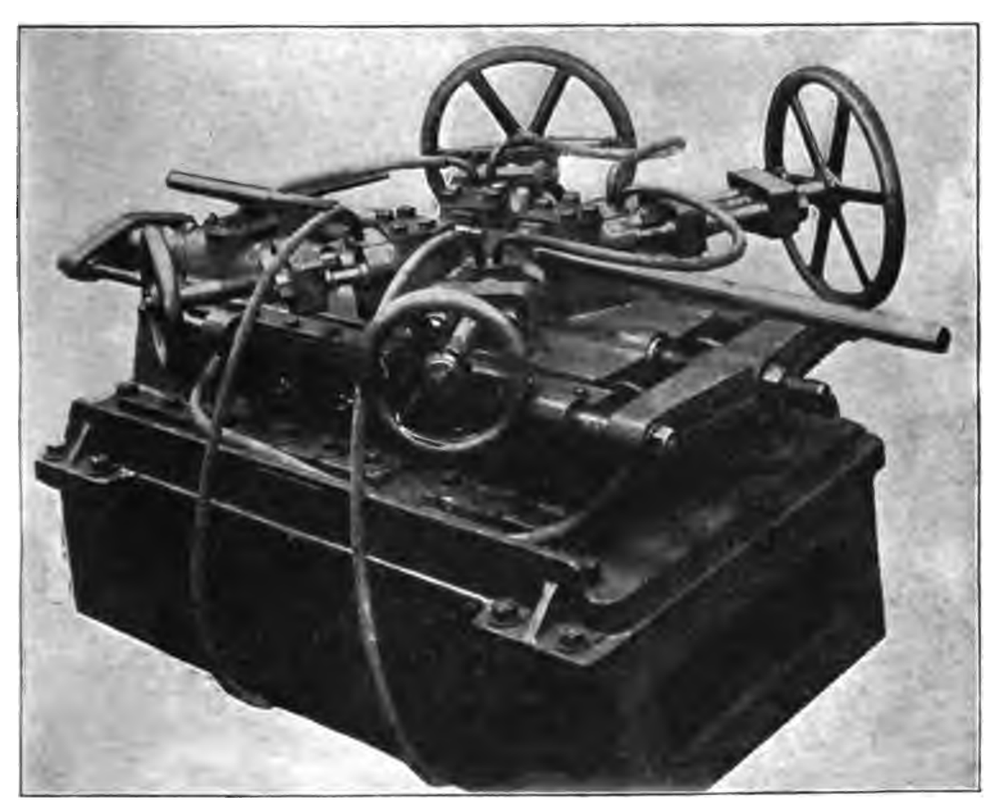
Klemmvorrichtung für Schweißmaschinen, Type 20 A und 40 A der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.

futter können auch für unregelmäßige Profile zugestellt werden. Diese Klemmvorrichtung, welche von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in zwei Größen (für Schweißapparat 20 A und 40 A) gebaut wird, hat Grundplatten aus Bronze, die mit Führungsschlitzen für die Kontaktklemmen versehen sind, während die eigentlichen Klemmenfutter aus Kupferklötzen bestehen, die durch Wasser gekühlt werden können.

Fig. 8 zeigt eine Universalschweißmaschine, Type 40 E der Electric Welding Co., Lim. in

London für Schweißungen bis zu 3 □ Zoll Eisen- oder Stahlquerschnitt.[1])

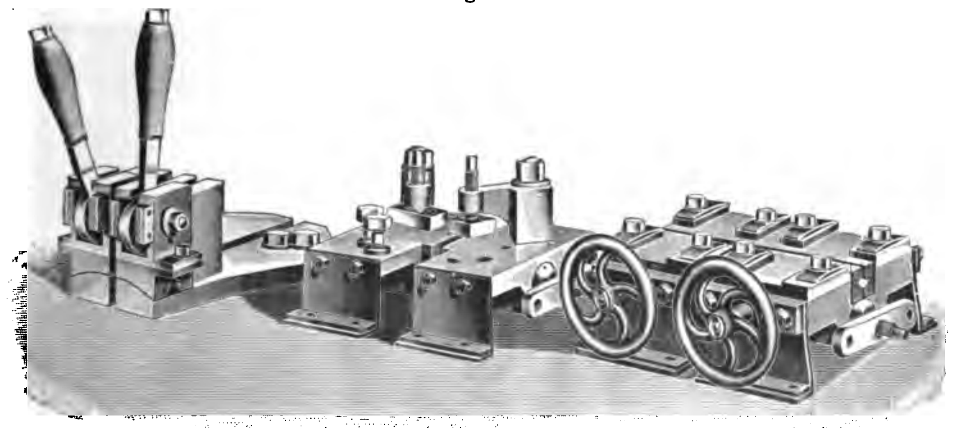
Fig. 8.



Universalschweißmaschine, Type 40 E der Electric WELDING Co., Limited, London.

Fig. 9.



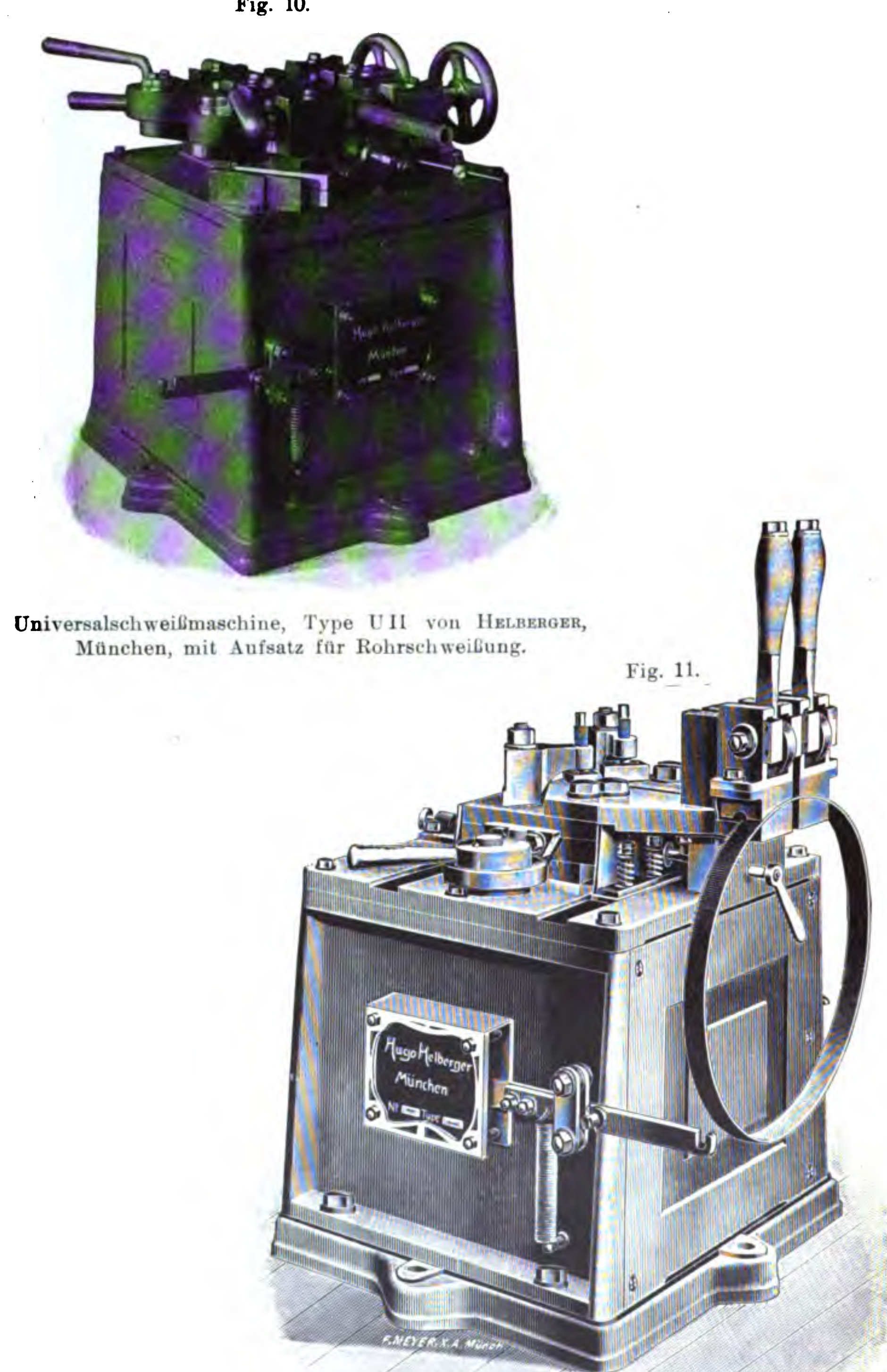


Aufsätze zur Universalschweißmaschine U II von HUGO HELBERGER, München.

Fig. 9 zeigt die auswechselbaren Aufsätze einer Universalschweißmaschine von HUGO HELBERGER in München, welche ebenfalls außer der Schweißung

1) Engineering, London. LXXIX, Nr. 2046. 1905.

Fig. 10.



Universalschweißmaschine, Type U II von Helberger, München, mit Aufsatz für Rohrschweißung.

Fig. 11.

Universalschweißmaschine, Type U II von Helberger, München, mit Aufsatz für Reifenschweißung.

normaler voller Profile mit den gleichen Schweißmaschinen noch die Schweißung von Reifen (links), Façoneisen (Mitte) und Rohren (rechts) ermöglichen.

Die Figuren 10 und 11 zeigen zwei HELBERGERsche Universalschweißmaschinen Type U II mit den entsprechenden Aufsätzen für Rohr- und Reifenschweißung.

Die Tabelle I gibt eine Übersicht der von der Firma HELBERGER in München gebauten Universalschweißmaschinen, aus welcher Tabelle die wichtigsten Daten bezüglich Leitung entnommen werden können. Zu der Angabe über den zulässigen Maximalquerschnitt ist zu bemerken, daß bis auf $^1/_4$ des Maximalquerschnitts heruntergegangen werden kann. Für größere Querschnittsunterschiede muß die Regulierfähigkeit erweitert werden.

Tabelle I.

Type		U 0	U I	U I—II	U II	U II—III	U III	U III—IV	U IV	U IV—V	U V	U V—VI	U VI	U VII
Größter zulässiger Querschnitt für	Eisen mm²	15	30	60	100	200	300	600	1000	1500	2000	2500	3000	4000
	Kupfer mm²	5	10	20	35	60	100	200	325	475	600	800	1000	1250
Schweißdauer ca. Sekund.		3	5	10	15	20	25	30	50	75	100	120	150	180
Kraftbedarf PS. normal		3·5	5	6	9	16	22	40	60	90	110	150	165	210
Gewicht in kg netto		150	290	360	400	450	650	1100	1300	1500	1900	2300	2800	3400

Die **Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft** baut an Universalschweißmaschinen die in der Tabelle II angeführten Normaltypen.

Tabelle II.

Type		1 AA	2 A	3 A Automat	5 A	7 A Automat	10 A	20 A	40 A
Größter zulässiger Querschnitt für	Eisen mm²	30	60	30	180	160	600	1000	2000
	Kupfer mm²	—	—	12	—	—	150	240	450
Kraftbedarf für Generatoren PS.		2·5	5	5	12·5	10	33	70	100
Gewicht in kg ca.		55	70	65	245	350	400	1000	3150

Zu vorstehender Tabelle ist zu bemerken, daß sich der Kraftbedarf nur auf die eigentliche Dauer der Schweißung bezieht, also ein vorübergehender und nicht dauernder ist. Die zulässigen Maximalquerschnitte verstehen sich für offene Längen und nicht für dauernde Beanspruchung. Sie sind für Bügel- oder Ringform um 50 %, für dauernde Beanspruchung um 20 % herabzusetzen.

Im allgemeinen ist der Materialquerschnitt an der Schweißstelle ein

Maß für den Kraftverbrauch. In den Tabellen III, IV und V sind bezügliche, ältere amerikanische Angaben enthalten. [1])

Tabelle III.

Anzahl der gleichzeitig erhitzten Stücke	Art des Metalls	Maße der erhitzten Stücke in cm	cm³	Dauer der Erhitzung	Durchschnittliche Energie in PS.	pro cm³ und Minute aufgewendete Kraft in PS.
2	Eisen	2·54 × 1·27 × 122	787	3′ 20″	51·5	0·23
4	„	1·27 × 1·27 × 91·5	590	2′ 0″	58·5	0·20
4	„	2·54 × 1·27 × 91·5	1180	4′ 0″	52·7	0·18
2	Stahl	2·54 × 2·54 × 94·0	1213	5′ 0″	44·8	0·18
3	„	2·54 × 1·27 × 91·5	1770	8′ 0″	47·0	0·21
3	Eisen	2·54 × 2·54 × 91·5	885	3′ 30″	52·4	0·21
3	„	2·54 × 1·27 × 122	1180	4′ 0″	53·1	0·18
4	„	2·54 × 1·27 × 122	1573	6′ 0″	54·8	0·21
4	Stahl	2·54 × 0·95 × 122	1180	4′ 0″	58·3	0·20
2	Eisen	2·54 × 1·91 × 122	1180	5′ 0″	49·9	0·21
4	„	2·54 × 0·95 × 91·5	885	2′ 45″	58·3	0·18
4	„	2·54 × 0·95 × 91·5	885	2′ 40″	57·0	0·17
4	„	1·27 × 1·27 × 106·75	688	2′ 30″	52·4	0·19
4	„	1·27 × 0·95 × 106·75	1032	3′ 20″	53·8	0·17
1	Messing	2·54 × 2·54 × 81·3	524	3′ 20″	34·3	0·28

Tabelle IV.
Stahlachsen.

Durchmesser mm	Form	Kraftverbrauch PS.	Schweißdauer Sekunden
25	rund	25	45
25	viereckig	30	48
31	rund	35	60
31	viereckig	40	70
50	rund	75	95
50	viereckig	90	100

Tabelle V.
Radreifen.

Breite mm	Dicke mm	Kraftverbrauch PS.	Schweißdauer Sekunden
25	4·8	11	15
31	9·5	20	25
38	9·5	23	30
38	12·7	25	40
50	12·7	29	55
50	19	42	62

1) ETZ. 1894. XV, p. 91.

Die Tabellen VI, VII und VIII enthalten neuere Angaben der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft über die Zeitdauer der Schweißungen.

Tabelle VI.

Rundeisen oder Stahl.

Durchmesser mm	Querschnitt mm^2	Zeitdauer der Stromentnahme in Sekunden
6·2	30	10
8	50	15
13	132	20
16	200	25
19	285	30

Tabelle VII.

Schmiedeeisenrohr extra stark.

Innerer Durchmesser mm	Querschnitt mm^2	Zeitdauer der Stromentnahme in Sekunden
13	ca. 150	33
19	200	40
25	300	47
32	480	53
38	550	70
52	825	84
65	1125	98
76	1500	106

Tabelle VIII.

Allgemeine Übersicht.

Eisen oder Stahl		Kupfer	
Querschnitt in mm^2	Zeitdauer in Sekunden	Querschnitt in mm^2	Zeitdauer in Sekunden
250	30	62	8
500	45	125	11
750	55	187	13
1000	65	250	16
1250	70	312	18
1500	78	375	21
1750	85	440	22
2000	90	500	23

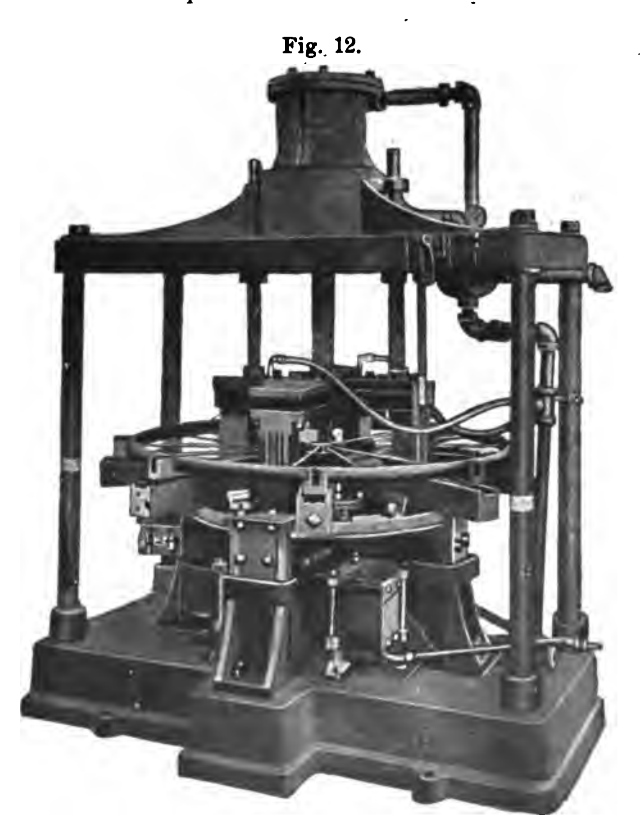
Beim Zusammenpressen von Hand oder auf mechanischem Wege der auf Schweißhitze gebrachten Metallteile tritt natürlich an der Stelle der Schweißung eine wulstförmige Aufstauchung des weichen Metalls auf. Diese muß in vielen Fällen entfernt werden, so daß die Schweißmaschinen bei Massenfabrikation mit entsprechenden Vorrichtungen versehen werden müssen. Umschließt man die Schweißstelle bei Eintritt des Erweichens mit einer Art Gesenke, so kann das zusammengepreßte weiche Metall nach keiner Seite ausweichen, und man erhält auf diese Weise eine wulstfreie Schweißstelle von größter Dichte.

Bei großen Arbeitsstücken kann auch ein Bearbeiten der Schweißwulst während der Schweißung durch automatischen Hammer mit verstellbarem Amboß erfolgen.

Spezialschweißmaschinen lassen sich für alle möglichen Verwendungsarten bauen, für welche eine entsprechende Massenfabrikation diese rechtfertigt.

So baut z. B. die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft unter anderen an Spezialmaschinen solche zum Schweißen unter rechtem Winkel, zum Schweißen der Speichen und Naben in metallenen Rädern (Type 80 A, Fig. 12), zum Schweißen von Schrauben und Köpfen bis zum Maximaldurchmesser von 45 mm usw. Als Beispiel für die Leitungsfähigkeit der in Fig. 12 dargestellten Spezialmaschine gibt die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft an, daß ein Rad mit 9 ovalen Stahlspeichen von 16 × 8 mm und einer Stahlnabe von 86 mm Durchmesser in 15 bis 18 Sekunden, ein solches mit 14 Speichen von 19 × 8 mm und 102 mm Nabendurchmesser in 28 bis 36 Sekunden geschweißt wird.

Fig. 12.



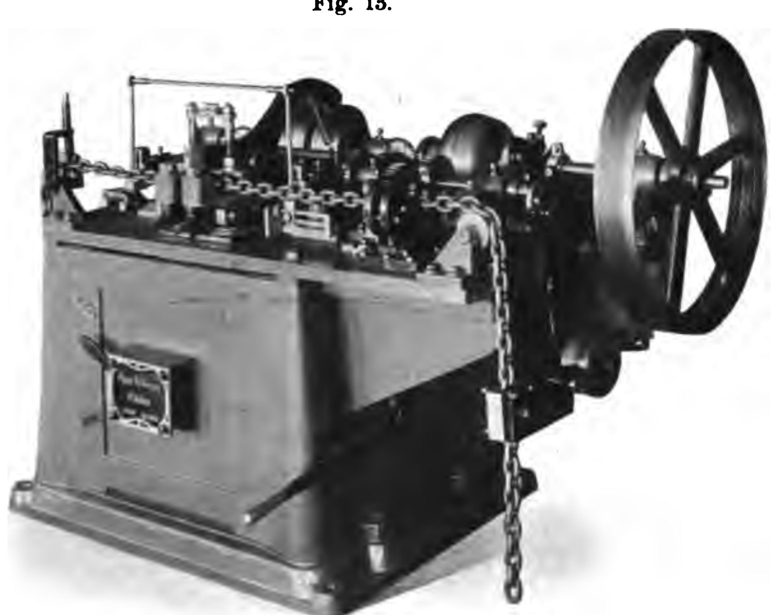
Schweißapparat Type 80 A der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin zum Schweißen der Speichen und Naben in metallenen Rädern.

In letzterer Zeit baut die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft auch Spezialmaschinen zum Schweißen von dünnen Blechhenkeln und Griffen an eiserne Kochgeschirre, die später emailliert werden sollen. Diese Spezialmaschinen erfordern natürlich eine ganze Reihe von Anpassungskontakten für die verschiedenen, zur Schweißung kommenden Geschirrgrößen und

Formen. Es werden zwei Typen, die eine für 2 bis 3·5, die andere für 3·5 bis 6 KW Strombedarf gebaut, deren jede nach Angabe der Fabrikanten die erstere bei dünnwandigeren, die letztere bei stärkeren Henkeln und Griffen 500 bis 600 Schweißungen pro Stunde ermöglichen.

Ein ausgedehntes Arbeitsgebiet hat sich die Widerstandsschweißung bei der Kettenfabrikation erobert. Eine derartige Spezialmaschine Type K von Helberger ist in Fig. 13 dargestellt.

Fig. 13.



Automatische Kettenschweißmaschine Type K von Helberger, München.

Die genannte Firma beschreibt den Vorgang beim Schweißen mit dieser Spezialmaschine wie folgt: Die Kette wird über den Transporteur gehängt; bei Beginn wird das erste Glied gefaßt und zwischen die Kontaktbacken gepreßt; hierauf schließt sich der Strom selbsttätig und in wenigen Sekunden haben die beiden zusammengebogenen Enden des Gliedes Schweißhitze, der übrige Teil der Glieder wird nur unmerklich durch Fortleitung der Wärme erhitzt. Im Momente, wo die Gliedenden die richtige Schweißtemperatur haben, hat der Druck auf den Auslösehebel zu erfolgen, der jedoch auch automatisch geschehen kann. Dadurch löst sich ein besonders konstruiertes Zangenpaar aus und preßt den entstehenden Wulst des noch schweißwarmen Eisens zusammen, bzw. auf die Dimensionen des übrigen Drahtquerschnittes zurück, wodurch eine kompakte Struktur des Eisens an der Schweißstelle erreicht wird. Der Strom wird wieder automatisch geöffnet, der Transporteur hebt das fertige Glied aus der Maschine, legt ein neues ein und der Vorgang wiederholt sich.

Über die Leistungen solcher Kettenschweißmaschinen gibt die nachstehende, von Helberger herausgegebene Tabelle ein Bild.

Tabelle IX.

Type	K 0	K I	K II	K III	K IV	K V
Für Drahtstärken von mm	1—3	3—5	5—7	8—10	11—14	15—18
Anzahl Schweißungen pro Minute	15	15—10	15—10	12—8	8—5	5—3
Leistungsfähigkeit in Tons pro Jahr für mittlere Kettendimension	10	20	40	80	150	275
Kraftbedarf PS. maximal einschließlich Antrieb	2	5	10	15	18	23
Strombedarf KW. maximal	1·2	3	5	8	10	15
Kilowattstunden für 100 Schweißungen	0·1	0·3	0·6	1·25	2·6	7·5
Gewicht in kg netto	200	375	650	1200	1750	1900

Als weiteres Beispiel von Spezialschweißmaschinen sei eine solche der Firma Helberger für wulstlose Schweißung von Ringen und Schnallen angeführt. Eine gleiche Maschine mit Reguliertransformator ist in Fig. 14 dargestellt.

In der Tabelle X sind die Leistungen derartiger Maschinen zusammengestellt.

Tabelle X.

Type	*Sch* 0	*Sch* I	*Sch* II	*Sch* III
Für Drahtstärken bis mm	1—3	3—6	3—9	3—12
Anzahl Schweißungen pro Minute	15	10	8	6
Kraftbedarf PS. maximal einschließlich Antrieb	2	7	12	10
Kilowattstunden per 100 Schweißungen maximalen Querschnitts	0·1	0·5	1·0	1·8
Gewicht kg netto	175	350	450	600

Eine weitere, von Helberger gebaute und in Fig. 15 dargestellte Spezialschweißmaschine dient zum Aufschweißen von Metallstiften auf Metallbänder, eignet sich also insbesondere zur Fabrikation von Reißnägeln, Metallbürsten usw. Die automatisch arbeitende Maschine ist auf alle Stift-

Tabelle XI.

Type	I	II
Größte Stiftstärke (Drahtdurchmesser) mm	1·5	3
Größte Stiftlänge mm	10	40
Größter verstellbarer Vorschub (Stiftabstand) mm	20	30
Größte Bandstärke mm	0·75	2
Größte Bandbreite mm	20	30
Schweißungen per Minute je nach Stift- und Bandstärke	20—30	10—20
Kraftbedarf (Strom und Antrieb) maximal PS.	3	10
Gewicht kg netto	200	500

Fig. 14.



Elektrische Schnallenschweißmaschine für wulstlose Schweißung im Gesenke mit Reguliertransformator. Type Sch von Helberger, München.

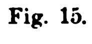
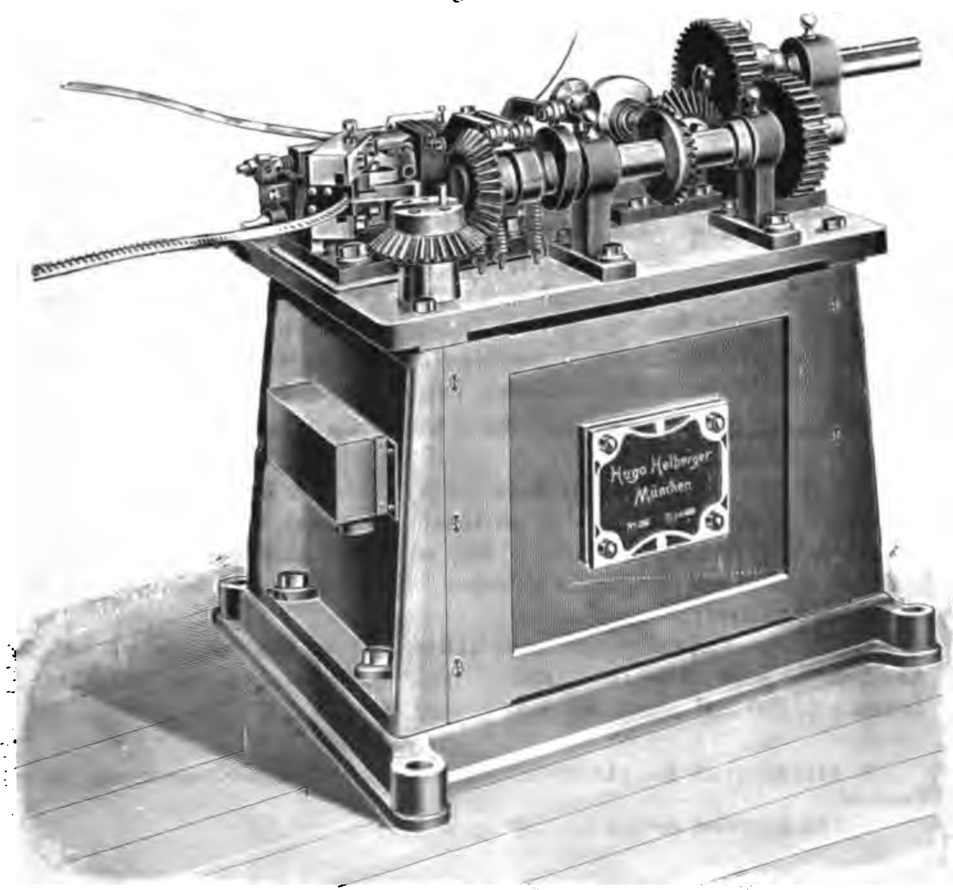


Fig. 15.



Type I, Reißnägelschweißmaschine von Helberger, München.

längen, Stiftabstände und Bandbreiten einstellbar. Das Band und Drahtmaterial wird in Rollen und auf Haspeln neben die Maschine gestellt und wickelt sich dem Fortgang der Schweißungen entsprechend von selbst ab. In Tabelle XI sind die Leistungen von zwei Typen dieser Maschinen angeführt, von welchen Type I speziell für Reißnägel und Beschläge für Reißwalzen, Type II für Teppichnägel und Beschläge für Reißwalzen bestimmt ist.

Andere Spezialausführungen von HELBERGER betreffen:

Felgenschweißmaschine für Automobil- und Fahrradfelgen (Fig. 16).
Spezialmaschine zum Anschweißen von Riemenscheibenspeichen an Kranz und Nabe.
Maschine zum elektrischen Verschweißen von Zapfen und Teller für Staufferbüchsen und gleichartige Artikel.
Spezialmaschine zum Schweißen von Türangeln, Fischbändern, Paumelles für Schränke, Fenster und Türen.
Spezialmaschine für gleichzeitige Aufschweißung mehrerer Zapfen oder Metallstücke auf Blechscheiben oder -Ringe für Zwecke der Uhrenfabrikation.
Maschine zur Stoßverschweißung flacher Reifen, Ringe und ähnlicher Gegenstände (Fig. 17).
Ring- und Schnallenschweißmaschine, auch für Steigbügel u. dgl. geeignet, mit wulstloser Schweißung im Gesenke.
Reifenschweißmaschine mit automatischer Auslösung.
Maschine zum elektrischen Verschweißen von Zapfen und Teller von Staufferbüchsen und gleichartiger Artikel.
Elektrische Stauchmaschine.

Mit den vorstehenden Beispielen ist natürlich die Reihe der Anwendungsmöglichkeiten für elektrische Schweißmaschinen noch lange nicht abgeschlossen. Es ergibt sich noch eine ganze Anzahl von Verwendungsarten in der Lokomotiv- und Waggonfabrikation, Automobil- und Fahrradindustrie, im Dynamobau usw. Als Beweis für die große Zahl der möglichen Spezialausführungen sei erwähnt, daß die Thomson Electric Welding Co. in Lynn schon in ihrem Prospekt vom Jahre 1901 die Nummern von 116 ihr in den Vereinigten Staaten erteilten Patenten anführt.

Die Figuren 18 bis 24 zeigen eine Reihe von Gegenständen, die durch THOMSONsche Widerstandsschweißung hergestellt sind.[1])

In Fig. 25 ist eine Ansicht einer Schweißanlage der Pimlico-Wheel-Works wiedergegeben.[2])

Es ist dies eine der größeren Schweißanlagen Englands, die von der Electric Welding Cy. Lim. in London geliefert wurde.

Bezüglich der Betriebskosten der normalen elektrischen Widerstandsschweißungen seien die nachstehenden vergleichenden Berechnungen HELBERGERS angeführt:

a) Universalschweißmaschine U III für Querschnitte bis 300 mm. Anschaffungspreis 3400 M.; Anzahl der Schweißungen bei 10stündiger Arbeitszeit 900 mit einem Stromverbrauch von 75 KW^h.

---

1) Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft: Schweißmaschinen System THOMSON.

2) The Electrical Review LI, 1902. p. 450.

Fig. 16.



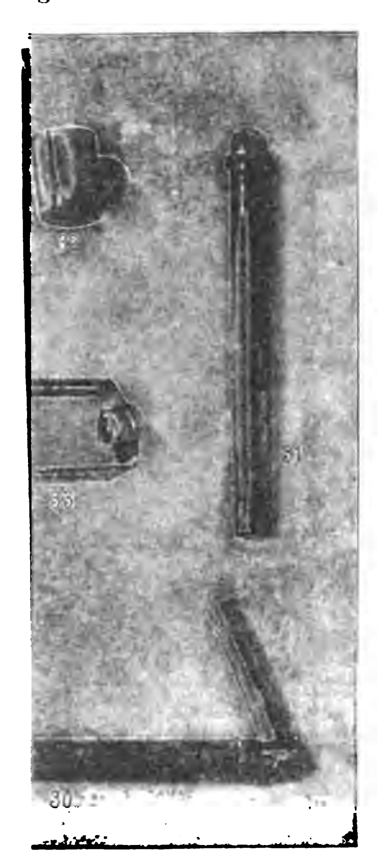
Spezialschweißmaschine von HELBERGER, München.

Fig. 17.



Spezialschweißmaschine von HELBERGER, München.

ig. 22.



0f u. 31 Lenkstangenteile. 30 Sattel-
ge r-Öse. 33 Pedal.
11

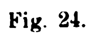
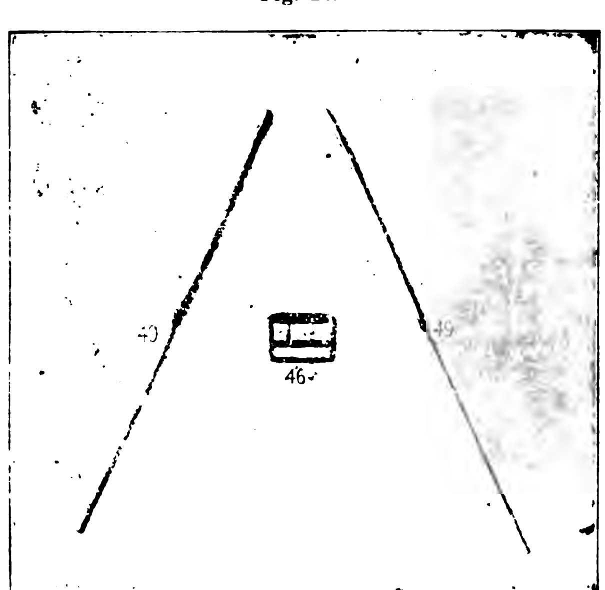


Fig. 24.



46 Geschweißte Schnalle. 49 Geschweißte Stahlstangen.

ißt
ıer

Verlag von S. Hirzel-Leipzig.

Betriebskosten:

1 Mann zur Bedienung	M. 3·50
75 KW^h à 10 Pf.	„ 7·50
15 $^0/_0$ Amortisation von 3400 M. = 510 M., bei 300 Arbeitstagen pro Tag	„ 1·70
Summe für 900 Schweißungen	M. 12·70
oder für 100 „	„ 1·41

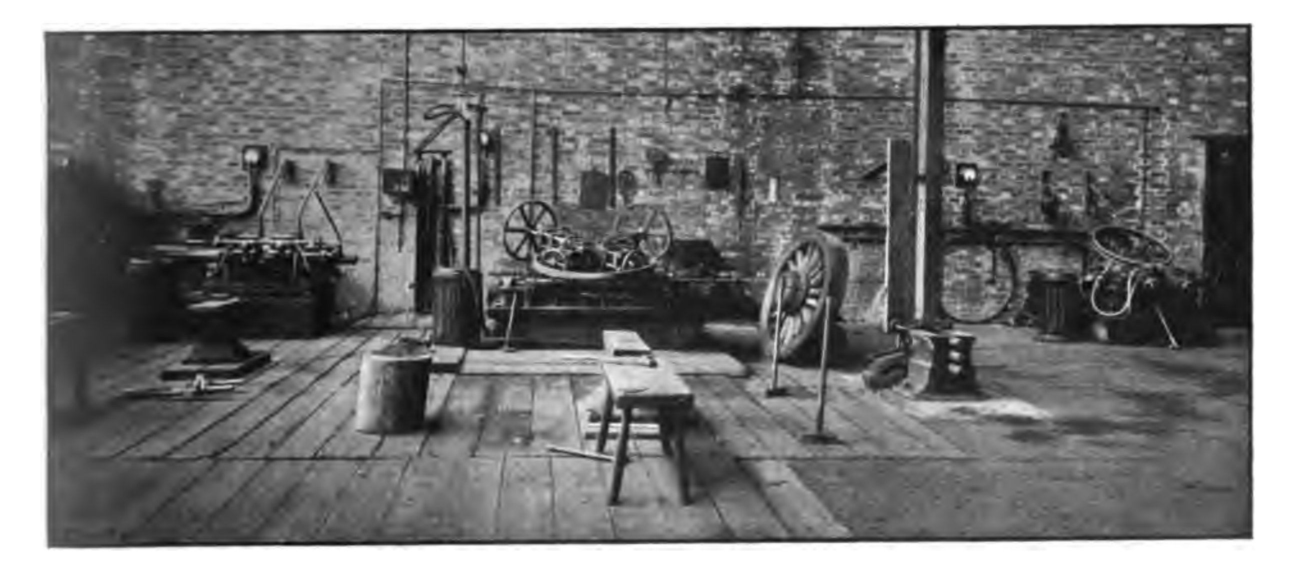
Die bezüglichen Kosten für Schweißen im Feuer berechnet HELBERGER mit

2 Mann mit zusammen 300 Schweißungen pro 10 stündigem Arbeitstag = 6 Schichten à M. 3·50	M. 21·—
Schmiedekohlen pro Tag 1·5 Zentner = 4·5 Zentner à M. 1·50	„ 6·75
Werkzeuge	„ 0·95
Summe für 900 Schweißungen	M. 28·70
oder für 100 „	„ 3·19

b) Kettenschweißmaschine: Type K II leistete im Betriebe 17 Glieder pro Minute mit einem Mann zur Bedienung, während ein guter



Fig. 25.



Schweißanlage der Pimlico-Wheel-Works.

Kettenschmied pro Minute nur 2 Glieder schweißen kann. Die Maschine ersetzt also die Arbeit von 8 Kettenschmieden.

Eine Spezialanwendung der elektrischen Widerstandsschweißung, die auch von den Amerikanern ausgebildet wurde, ist das Zusammenschweißen von Eisenbahnschienen. Die ersten Nachrichten über diese Anwendung

kamen Ende der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts nach Europa.[1]) Sie wurden ziemlich skeptisch aufgenommen, und man warf speziell Bedenken nach der Richtung ein, daß der erforderlichen Ausdehnung der Geleise bei Temperaturschwankungen nicht genügend Rechnung getragen werden könne. Anfang der neunziger Jahre wurden dann von der Johnson Rail Cy. in Johnstown ausgedehnte Versuche durchgeführt[2]), bei welchen man bis zu Querschnitten von 160 cm^2 mit gutem Erfolge elektrisch schweißte. Später baute dann die Thomson Electric Welding Co. eigene Schweißwagen, die auch auf der Ausstellung in Chicago vorgeführt wurden.[3]) Für die Schweißung von Straßenbahnschienen war bei den Versuchen in Amerika im sekundären Stromkreis bei 6 Volt Spannung eine Stromstärke von 60000 Ampere erforderlich. Als Hauptvorteil der elektrischen Schienenschweißung wird die Verminderung der Schienenstöße und damit eine größere Schonung des rollenden Materials, sowie eine bessere Rückleitung bei elektrischen Bahnen hervorgehoben.[4])

Das elektrische Verschweißen der Schienenstöße erfolgt in der Weise, daß auf dem schon fertig gelegten Geleise ein in Fig. 26 wiedergegebener Schweißwagen fährt, der eine sehr schwere und kräftige Preßvorrichtung trägt, die durch einen Flaschenzug oder eine Schraubenspindel mit Ausleger entsprechend gehoben und gesenkt werden kann. Dieser riesige, umgekehrte Schraubstock wird mit seinen beiden Backen rechts und links vom Schienenstoß in entsprechende Stellung gebracht und preßt von beiden Seiten je ein elektrisch auf Schweißhitze gebrachtes Eisenstück über den Stoß unter teilweisem Hineinpressen des Materials in die Fuge.

Der elektrischen Schweißung von Schienen dürfte wohl in dem bekannten aluminothermischen Verfahren von Goldschmidt ein gefährlicher Konkurrent erwachsen sein.[5]) Dieses Verfahren ist derart einfach und mit so geringem Anlagekapital durchführbar, daß dagegen die elektrische Widerstandsschweißung kaum aufkommen dürfte. Auf elektrisches Schienenschweißen im Lichtbogen werden wir im II. Teil zurückkommen.

Nahe verwandt mit der besprochenen Art der elektrischen Schweißung ist die Hartlötung durch elektrische Widerstandserhitzung. Es können dafür die gleichen Maschinen wie zum Schweißen verwendet werden, nur ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß das Lot sich bei Überhitzung leicht oxydiert, es muß also bei solchen Vorrichtungen eine besonders genaue Regulierung bis zu der zulässigen maximalen Stromstärke vorgesehen werden.

Anstatt zwei zu vereinigende Stücke auf Schweißtemperatur zu bringen und durch Druck zu vereinigen, kann man natürlich auch metallische Leiter als Ganzes durch elektrische Widerstandserhitzung auf bestimmte Temperaturgrade bringen, um z. B. Aufstauchungen vorzunehmen, Verzierungen anzubringen oder Werkzeugstahl für die Härtung vorzuerhitzen. So wird z. B. angegeben, daß man mit einem Kraftaufwand von 1 PS^h 600 kg Stahldraht von 1·25 mm Durchmesser für Zwecke der Federnfabrikation erhitzen kann.[6])

---

1) ETZ. 1888, Bd. IX, p. 508 nach New York Electrical Review XI, Nr. 14, p. 1.
2) ETZ. 1892, Bd. XIII, p. 209.
3) ETZ. 1894, Bd. XV, p. 91.
4) ETZ. 1895.
5) Stahl u. Eisen XXVI, Nr. 16, p. 1023.
6) ETZ. 1890, XI, p. 278.

Umgekehrt kann man solche elektrische Erhitzungsverfahren verwenden, um gehärtete Gegenstände an einzelnen Stellen wieder weich zu machen, z. B. die Stellen an Panzerplatten, bei welchen die Nieten durchkommen sollen. Für solche Zwecke hat LEMP[1]) ähnliche Vorrichtungen angegeben, wie sie bei der THOMSON-Schweißung verwendet wurden. Beim Bau amerika-



Fig. 26.



Elektrischer Schweißwagen für Straßenbahnschienen der LORAIN STEEL CY., Johnstown Pa.
(Mit Bewilligung von CASSIERS Magazine wiedergegeben.)

nischer Kriegsschiffe wurde das Verfahren in der Weise durchgeführt, daß als Enden des sekundären Stromkreises zwei mit Wasser gekühlte Kupferblöcke dienten, zwischen welchen die zu enthärtende Stelle elektrisch erhitzt wurde. Um eine nachträgliche Wiederhärtung zu vermeiden, mußte die Abkühlung langsam erfolgen, mit der Stromstärke also allmählich zurückgegangen werden.

1) ETZ. 1895, XVI, p. 246.

β) Elektrische Öfen mit direkter Widerstandserhitzung.

In den vorstehenden Ausführungen unter α hat es sich um Anwendungen der direkten elektrischen Widerstandserhitzung gehandelt, bei welchen entweder Zwecke rein mechanischer Natur, wie z. B. bei der Schweißung, verfolgt oder Verfahren angewendet wurden, welche nur auf eine Veränderung der physikalischen Eigenschaften der zu behandelnden Körper, wie z. B. bei der Härtung oder Enthärtung, hinzielten. Wird hingegen beabsichtigt, durch direkte elektrische Widerstandserhitzung gleichzeitig die chemische Zusammensetzung der zu behandelnden Materialien zu ändern, so kommen wir zu einer Gruppe von Apparaten, die wir als elektrische Öfen mit direkter Widerstandserhitzung metallisch leitender Körper bezeichnen können.

αα) Laboratoriumsausführungen.

Im Jahre 1815 bettete Pepys in Einschnitte eines weichen Eisendrahtes Diamantpulver ein, erhitzte den Draht durch elektrische Widerstandserhitzung auf Rotglut und fand nach dem Versuch, daß der Diamantstaub verschwunden und der weiche Eisendraht in Stahl verwandelt war.[1]) Es war dies wohl der erste Versuch, bei welchem, wenn auch unbeabsichtigt, Stahl auf elektrochemischem Wege und zwar durch Zementieren von weichem Eisen erhalten wurde.

Spezielle Konstruktionen von nur für Laboratoriumszwecke dienenden Widerstandsöfen dieser Gruppe sind nicht zu erwähnen; sie würden nur als verkleinerte Ausführungsformen industrieller Öfen aufzufassen sein, weshalb wir gleich zu diesen übergehen können.

ββ) Industrielle Öfen.

Collens[2]) schreibt für den ökonomischen Betrieb von Widerstandsöfen die nachfolgenden Bedingungen vor:

1. Man steigere so weit wie möglich das Verhältnis, das die Oberfläche der produktiven Hitzediffusion zur Oberfläche der nichtproduktiven Hitzediffusion hat.

2. Man steigere bis zur ökonomisch-technischen Grenze die Energiezufuhr für die Oberflächeneinheit der produktiven Hitzediffusion.

3. Man vermeide bei dem Ofen so weit wie möglich Formen und Bedingungen, die ein weitgehendes Fortfließen der Hitze ermöglichen.

4. Man umgebe die produktive Zone des Ofens mit möglichst schwer schmelzbaren Materialien, sowohl mit Rücksicht auf die Wärmeleitfähigkeit als auch die Wärmekapazität.

Der im konstruktiven Prinzip einfachste Fall liegt vor, wenn ein metallischer Leiter durch Widerstandserhitzung in geschmolzenem Zustand erhalten wird, wobei seine Abmessungen praktisch nicht sehr verändert werden und die chemischen Veränderungen im Leiter durch Wechselwirkung zwischen diesem und darauf lagernden, in der Regel auch im Schmelzfluß befindlichen Körpern erfolgen. Elektrotechnisch verglichen haben wir es

1) Philos. Trans. London 15 (1815) p. 370. — Siehe auch Borchers: Die elektrischen Öfen 1907, p. 4.

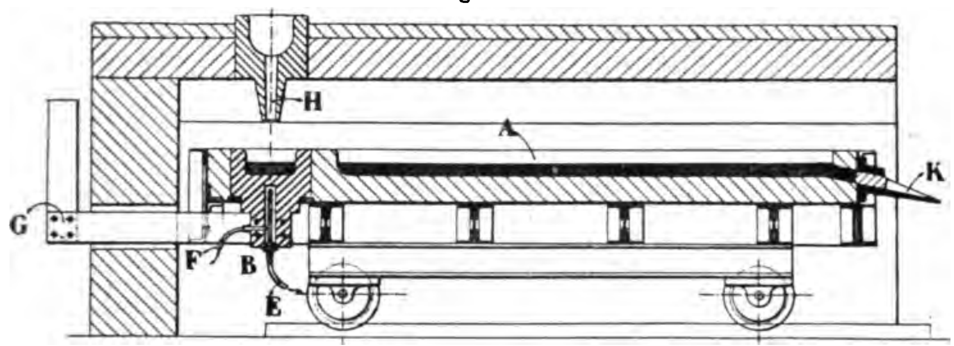
2) Electrical Review N. Y. 1906. XLVIII, p. 710. — Siehe auch Jahresbericht von Dr. F. Peters in Glückauf 1906, Nr. 43, p. 1419.

also mit einer riesigen Glühlampe zu tun, deren Faden aus einem geschmolzenen, metallischen Leiter besteht, der in ein entsprechendes Futter von feuerfestem Material eingebettet ist.

Wenn wir von älteren Patenten De Lavals (DRP. 80462 vom 12. Juni 1892) absehen, so finden wir den Grundgedanken derartiger Öfen, die in



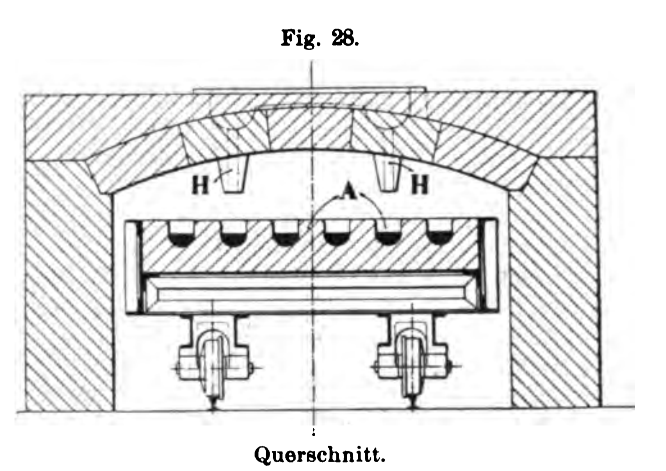
Fig. 27.



Längsschnitt.

der Regel elektrothermischen Verfahren der Eisen- und Stahlindustrie dienen sollen, in den Patenten von Taussig (DRP. Nr. 77125 vom 31. August 1893) niedergelegt. Ohne auf diese in der Praxis nie zur Anwendung gelangte Konstruktion näher einzugehen, sei nur erwähnt, daß ein hufeisenförmiger Schmelzraum vorgeschlagen wurde, welcher den geschmolzenen metallischen Leiter aufnehmen sollte. Trichterförmige Erweiterungen der Räume sollten zum Aufgeben des zu verarbeitenden Materials (Erze, Schlacken usw.), ein Abstichloch an einer Stelle im Boden der Rinne zur Entleerung des reduzierten Metalles dienen. An den Enden des geschmolzenen Leiters waren Elektroden vorgesehen, die wohl nur aus Kohle bestehen, also bei Eisen als zu erzeugendem Endprodukt nur ein mit Kohlenstoff gesättigtes Material ergeben konnten.

Fig. 28.



Querschnitt.

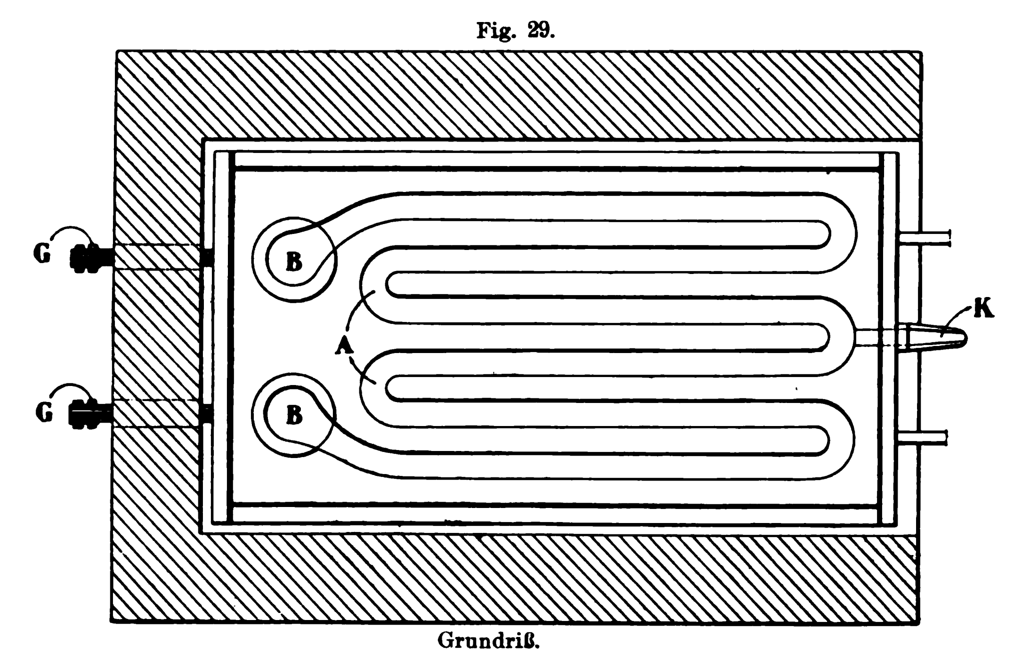
Elektrostahlofen von Gin, ältere Form.

Die Taussigsche Ofenanordnung bildet die Grundlage für die ca. 10 Jahre später veröffentlichten Konstruktionen Gins. Diese sind, wenn auch vorläufig nur probeweise, doch zu einer in gewissen Grenzen schon betriebsmäßigen Ausbildung gelangt, die eine etwas eingehendere Besprechung rechtfertigt.

Das Prinzip der älteren Ginschen Anordnung besteht im wesentlichen in einer möglichst langen Ausgestaltung der Schmelzrinne und in der Form

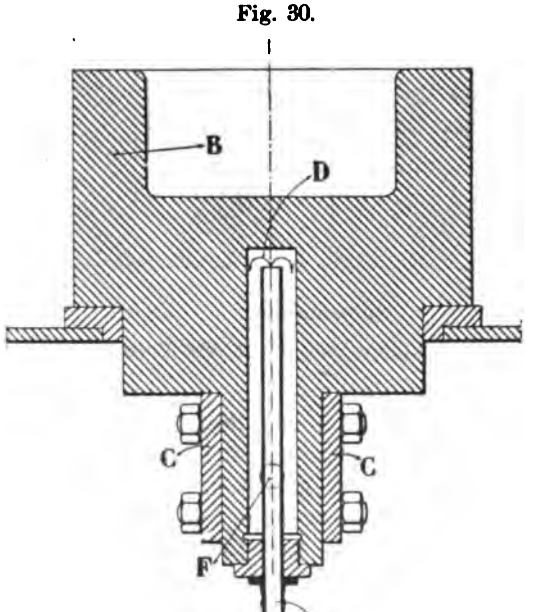
der Stromzuführungen, die aus wassergekühlten Stahlklötzen bestehen. Die letztere Anordnung ist mit Rücksicht auf den Verwendungszweck erforder-

Fig. 29.



Grundriß.

Fig. 30.



Stromzuführung.
Elektrostahlofen von Gin, ältere Form.

lich, da bei Kohlenelektroden an keine Regulierung des Kohlenstoffgehaltes im Stahl, für dessen Herstellung der Ofen dienen soll, gedacht werden könnte. In dem Bestreben, einerseits einen möglichst langen Schmelzkanal zu erhalten, andererseits aber abnormale Ofendimensionen zu vermeiden, gab Gin, wie aus den Figuren 27 bis 30 hervorgeht, der Schmelzrinne eine mehrfach hin- und hergebogene Form.

Der Ofen selbst besteht aus einem auf Geleisen fahrbaren Wagen, welcher eine Herdfläche aus feuerfestem Material trägt, in welcher der hin- und hergebogene Schmelzkanal *A* von rechteckigem Querschnitt mit abgerundeter Sohle ausgespart ist. Die Enden des Schmelzkanals münden in die Stromanschlüsse *B*, welche aus einem pfannenförmigen Stahlblock mit Wasserkühlung bestehen. An diese Blöcke sind die Stromzuleitungsschienen *C* angeschlossen. Das Kühlwasser tritt durch das Rohr *E* in die Bohrung *D* ein und durch die seitliche Bohrung *F* wieder aus. Während

des Betriebes wird der Wagen unter ein Gewölbe geschoben, um die Wärmeverluste durch Strahlung möglichst einzuschränken. Der Ofen wird durch die Verbindungen *G* an die Stromquelle angeschlossen und durch die Fülltrichter *H* mit Roheisen gefüllt.

Gin will mit dieser Ofenkonstruktion die verschiedenen Arten der Stahlherstellung durchführen können, also sowohl das Schrottverfahren, bei welchem das Roheisen mit der für den gewünschten Kohlenstoffgehalt erforderlichen Menge weichen Flußeisenschrotts einfach verdünnt wird, als auch das Frischen mit Erz, bei welchem der Kohlenstoffgehalt des Roheisens durch den Sauerstoff zugesetzter Eisenerze herabgedrückt wird. In diesem Fall brennt der Kohlenstoff als Kohlenoxyd aus der Schmelzrinne heraus, und es werden nach beendeter Entkohlung die üblichen Zusätze von Furomangan usw. gemacht, worauf bei *K* abgestochen werden soll. Für diese beiden Arten der Stahldarstellung liegt vom elektrischen Standpunkte der prinzipielle Unterschied vor, daß im ersteren Falle, beim Schrottverfahren, der Querschnitt des Bades und damit der Energiebedarf des Ofens in viel größeren Grenzen schwankt, als beim Erzfrischen, wo nur eine geringe Zunahme an Metall aus dem zugesetzten Erz erfolgt. Natürlich ist auch ein gemischtes Verfahren möglich, welches besonders dann anzuwenden wäre, wenn Schrott verarbeitet werden soll, aber kein so reines Roheisen zur Verfügung steht, um ein einfaches Schrottverfahren zu ermöglichen. Für einen solchen Prozeß will auch Gin den in Rede stehenden Ofen in erster Linie verwenden. Das geschmolzene Roheisen sollte zuerst mit Erz und Kalk behandelt werden, um unter Bildung einer basischen Schlacke die Verunreinigungen und vor allem den Phosphor zu entfernen, dann sollte Schrott zugesetzt und mit Ferromangan desoxydiert werden.

Die Details der metallurgischen und thermischen Berechnungen Gins über Materialbedarf, Kraftverbrauch für Heizung des Metalleiters und der Zusätze, für Durchführung der Reaktionen und für Wärmeverluste können hier wohl übergangen werden, da sie einerseits den Zielen des Handbuches doch zu fern liegen und andererseits der Ginsche Ofen seine Verwendbarkeit für die Praxis in größerem Umfange noch nicht nachgewiesen hat. Es genügt wohl, wenn wir in Tabelle XII (S. 32) die Schlußresultate anführen, zu denen Gin auf rechnerischem Wege kommt.

Bezeichnet KW die Stromaufnahme des Ofens in KW, P das Abstichgewicht pro Charge in kg, so soll der Kraftaufwand in KW^h pro Tonne Stahl beim Erzfrischen, geschmolzenem Roheisen und Annahme einer 3stündigen Chargendauer betragen: (Siehe Tabelle XII).

Der Kraftverbrauch pro Tonne würde also mit zunehmender Größe abnehmen und sich einer Konstanten asymptotisch nähern, was ja auch ganz erklärlich ist, da die Wärmeverluste, mit zunehmender Ofengröße auf die Gewichtseinheit Abstich bezogen, abnehmen müssen.

Für ein gemischtes Verfahren gibt Gin unter sonst gleichen Verhältnissen die Tabelle XIII (S. 32) an.

In beiden Fällen ist als Endprodukt ein Stahl mit nicht ganz 1 $^0/_0$ Kohlenstoff angenommen.

In der im vorstehenden beschriebenen Form wurde der Ginsche Ofen von einigen deutschen Interessenten versuchsweise in Betrieb genommen, die zu diesem Zwecke die „Deutschen Elektrischen Stahlwerke Werdohl“ gründeten und eine Versuchsanlage in Plettenberg in Westfalen

Tabelle XII.

KW	P	KWh
120	544	662
150	712	632
200	1000	600
250	1280	583
300	1600	567
350	1900	556
400	2200	547
450	2500	540
500	2800	535
550	3110	529
600	3430	525
650	3730	521
700	4070	518
750	4360	515

Tabelle XIII.

KW	P	KWh
300	1260	713
350	1520	692
400	1800	674
450	2000	660
500	2310	649
550	2600	639
600	2850	631
650	3130	630
700	3400	617
750	3680	611

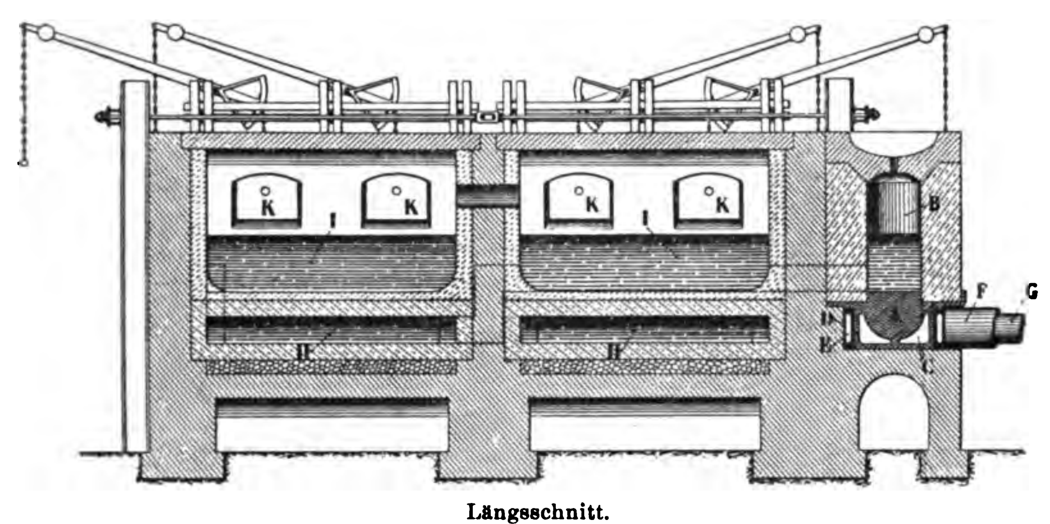
errichteten. Die Figuren 31 und 32 zeigen eine Ansicht der Probeanlage in Plettenberg und des Transformators, welcher für den Probeofen niedergespannten Wechselstrom bis zu 22 000 Ampere Stromstärke lieferte.[1])

Gin scheint jedoch mit diesem Ofen keine besonders günstigen Erfahrungen gemacht zu haben, denn bei seinen neueren Konstruktionen von direkt geheizten Widerstandsöfen trennt er die Heizkanäle von den eigentlichen metallurgischen Arbeits-, also den Raffinationsräumen. Wie er selbst angibt, hat seine eben beschriebene ältere Ofenform gewisse Unzukömmlichkeiten zur Folge. Der Heizkanal muß um so enger werden, je günstigere elektrische Verhältnisse der Ofen haben soll; damit wird aber das Chargieren von Erz und Zusätzen immer schwieriger. Durch den chemischen Angriff des Ofeninhalts auf das Ofenfutter wird der Badquerschnitt erweitert, es wird dadurch eine weitgehende Regulierung der großen Stromstärken erforderlich, welche andererseits bei den niederen Betriebsspannungen zu Induktionserscheinungen Veranlassung geben, die wieder der Ofengröße

1) Transactions of the Faraday-Society. Vol. II. Nr. 1, p. 45.

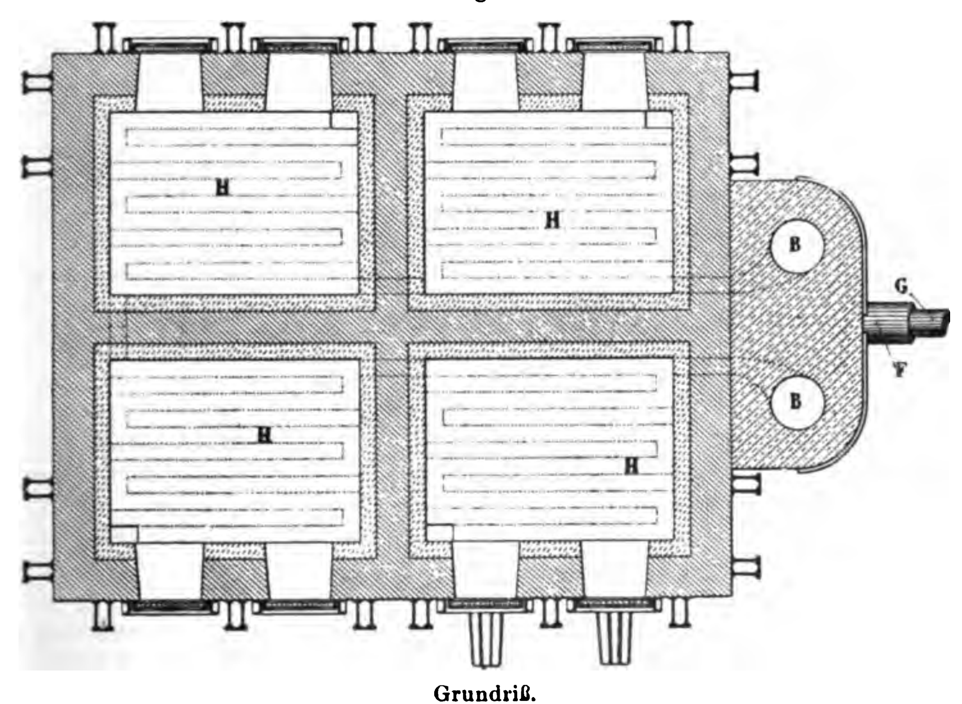
gewisse Grenzen setzen, wenn man nicht zu ganz abnormen Generatoren greifen will. Diesen Übelständen seines älteren Ofens[1]) will Gin durch

Fig. 33.



Längsschnitt.

Fig. 34.



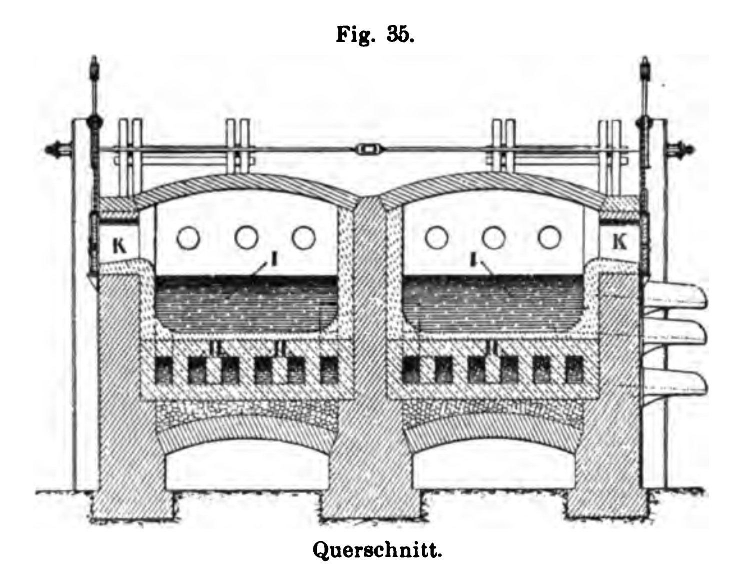
Grundriß.

Elektrostahlofen von Gin, neuere Form.

1) Leider konnten trotz mehrfacher Aufforderung die Stöcke zu Fig. 31 u. 32 bis knapp vor der Drucklegung nicht beschafft werden. Es mußten daher diese beiden Abbildungen entfallen und sei hier nochmals auf die Transactions of the Faraday-Society Vol. II Nr. 1 p. 45 verwiesen.

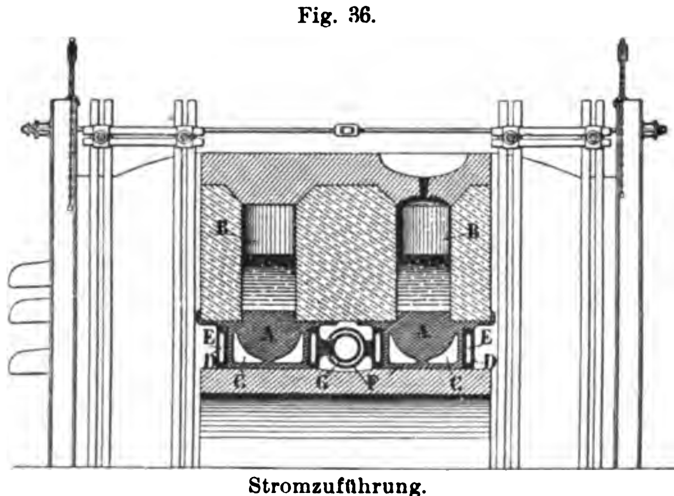
Trennung der Heizräume von den eigentlichen Reaktionsräumen abhelfen. Ein solcher abgeänderter GINscher Ofen ist in den Figuren 33 bis 36 dargestellt und für eine Stromaufnahme von 7200 KW (60000 Ampere, 120 Volt) bei einer Tagesproduktion von 350 Tonnen Stahl berechnet. Die Stromanschlüsse bestehen aus zylindrischen Stahlblöcken *A*, welche gleichzeitig den Boden der Rinnen *B* bilden und deren Seitenwände unterstützen. Die

Fig. 35.



Querschnitt.

Fig. 36.



Stromzuführung.

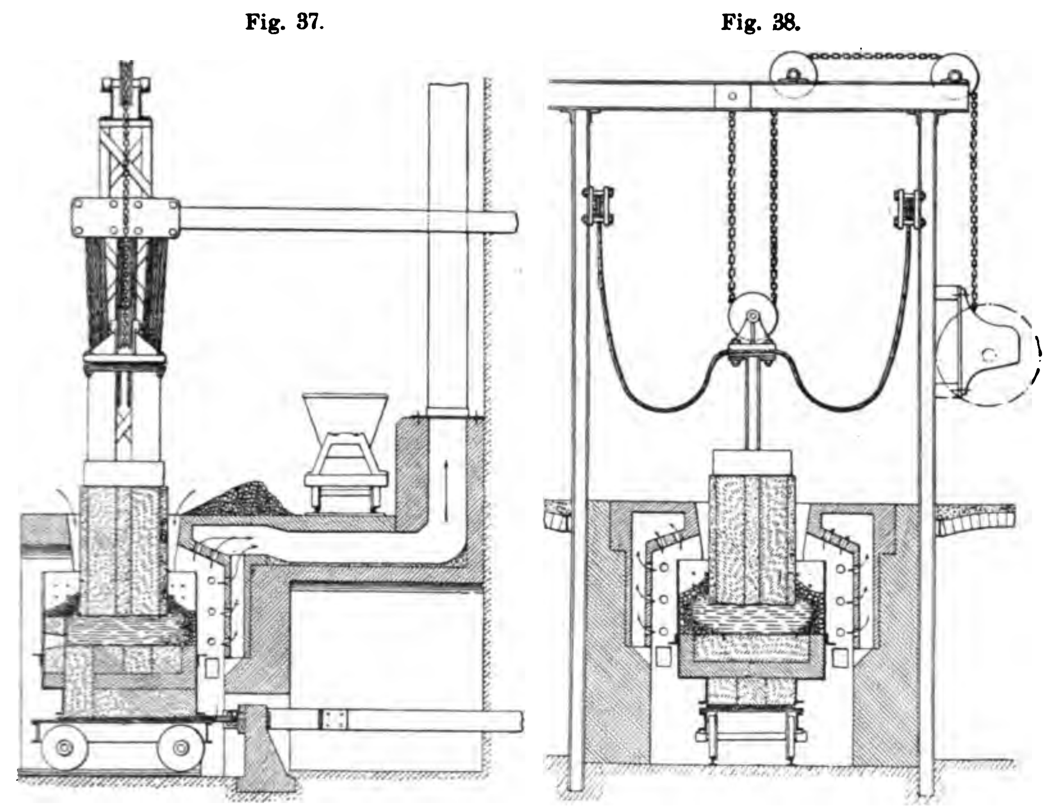
Elektrostahlofen von GIN, neuere Form.

Blöcke *A* enthalten Aushöhlungen *C*, in welchen Kühlwasser zirkuliert. Dieser Abänderung mißt GIN eine besondere Wichtigkeit bei, doch gibt er selbst an, daß Verschiebungen in der erstarrten Schicht zwischen dem flüssigen Metallbad und den gekühlten Kontakten sowohl nach innen in das Metallbad, als, was wohl viel gefährlicher wäre, nach außen, also in den Stahlblock eintreten können. Zur Verminderung der Selbstinduktion umgibt GIN ferner die Stromanschlüsse mit Hülsen *D* aus Bronze, die genügend guten Kontakt geben sollen, wenn sie durch den ringförmigen Hohlraum *F*

entsprechend mit Wasser gekühlt werden. *H* sind die mit flüssigem Metall gefüllten Heizkanäle, *I* die Reaktionsräume, *K* die Chargieröffnungen.

Eine derartige Ofenkonstruktion wird bei den Metallurgen gewiß die verschiedensten und berechtigtsten Bedenken erregen. Ein kontinuierlicher Betrieb in verschiedenen Räumen mit der jeweiligen Manipulation anzupassendem Ofenfutter, relativ dünne Zwischenwände, die der Korrosion ausgesetzt sind, dazu Wasserkühlung in einer gewiß nicht einfachen und nicht absolut sicherzustellenden Form geben wohl einen unüberwindlichen Berg

Fig. 37. Fig. 38.



Carbidofen von Gin & Leleux.

von Schwierigkeiten. Die kurze Wiedergabe dieser Ginschen Vorschläge rechtfertigt sich aber insofern, als sie ein Entwickelungsstadium eines im Prinzip gewiß nicht undurchführbaren und in der industriellen Erprobung stehenden Verfahrens darstellen.

Gin ist in der Zwischenzeit auch zur Konstruktion von Induktionsöfen übergegangen, auf die wir an späterer Stelle zurückkommen werden.

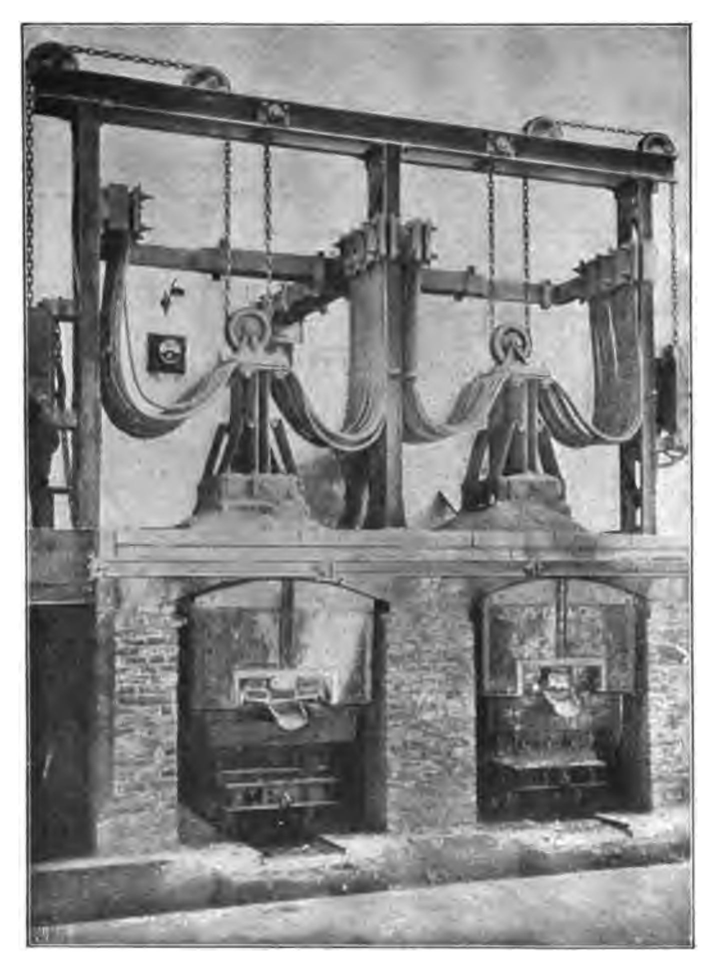
Es sei noch angeführt, daß Gin für seine eben beschriebenen, neueren Ofentypen einen mittleren Kraftverbrauch von 2800 KW^h pro Tonne Stahl bei direkter Erzverarbeitung errechnet.

Eine zweite Gruppe von Widerstandsöfen mit direkter Erhitzung des Leiters entwickelte sich aus den Bedürfnissen der Carbidindustrie. Bei dieser Ofengruppe bestehen die Elektroden stets aus Kohle. Der prinzipielle konstruktive Unterschied gegenüber den eben beschriebenen, hauptsächlich für Zwecke der Eisen- und Stahlindustrie gedachten Öfen besteht darin, daß

die eine Elektrode eine mit Kohle ausgekleidete Art Tiegel bildet, während die zweite Elektrode aus einem oder mehreren Kohlenblöcken besteht, die in die meist fahrbare Mulde hineinragen. Zwischen den beiden Elektroden wird das Carbid erschmolzen, so daß der Widerstand also aus einem ge-



Fig. 39.



Carbidofen von Gin & Leleux.

schmolzenen Bad von Calciumcarbid besteht, in welches die aus Kalk und Kohle bestehende Beschickung eingetragen wird.

Als Beispiel sind in Fig. 37 und 38 in zwei Schnitten die Öfen der Compagnie Électro-Metallurgique Gin und Leleux dargestellt, wie sie auf der Pariser Weltausstellung 1900 im Betrieb vorgeführt wurden.[1] Die untere Elektrode besteht aus einem mit zwei Schichten Kohle ausgekleideten Schmelzwagen; die untere Kohlenschicht, welche an das Konstruktionseisen anliegt, ist von besserer Leitfähigkeit als die innere Schicht. Letztere bleibt also wärmer und schützt das Carbid vor dem Erstarren.

1) Borchers, Die Elektrochemie auf der Pariser Weltausstellung 1900. W. Knapp Halle a/S. Siehe auch Borchers: Die elektrischen Öfen 1907.

Auch die obere, hängende Elektrode besteht aus einem Kern von besser leitender und einem Mantel von schlechter leitender Kohle. Aus der schematischen Zeichnung ist ferner der Gang der Beschickung, der Abzug für die Verbrennungsgase und die Abstichöffnung ersichtlich. Die Fig. 39 zeigt noch eine Außenansicht des gleichen Ofens, aus welcher man die Lage des Abstichs, sowie die Anordnung der flexiblen Zuleitungen für die obere Elektrode entnehmen kann. Unter Benutzung dieser Ofenkonstruktion wurde eine ganze Reihe von Carbidwerken in Frankreich, Spanien, Italien und

Fig. 40.




Carbidofen von SIEMENS & HALSKE mit feststehendem Elektrodentiegel.

Fig. 41.



Carbidofen von SIEMENS & HALSKE mit fahrbarem Elektrodentiegel.

Österreich gebaut. In der Regel wird für Carbidöfen einphasiger Wechselstrom oder Drehstrom verwendet. Die meisten Konstruktionen von Carbidöfen für Widerstandserhitzung sind im konstruktiven Prinzip so ähnlich, daß darauf nicht näher eingegangen zu werden braucht.

Bekanntlich wurde, besonders während der ersten Entwickelung der Carbidindustrie, auch viel in der Weise gearbeitet, daß in dem unteren, tiegelförmigen Elektrodenkasten ein nach und nach erstarrender Block von Carbid erschmolzen wurde. Der Betrieb war also dann ein intermittierender.

Die Anordnung des unteren Elektrodentiegels beim sogenannten Blockbetrieb konnte eine verschiedene sein. So zeigt z. B. Fig. 40 einen Carbidofen System SIEMENS & HALSKE, bei welchem der Elektrodentiegel feststeht und der erschmolzene Carbidblock durch Öffnen der einen Seitenwand nach dem Erstarren herausgenommen werden kann. Die bezügliche Konstruktion weicht noch insofern von den gebräuchlichen Ofentypen ab, als die obere Elektrode rohrförmig ausgebildet ist.

Fig. 41 zeigt den gleichen Ofen mit einem fahrbaren Elektrodenwagen.

In den Figuren 42, 43, 44 ist noch das Detail bezüglich des elektrischen

Anschlusses des unteren Elektrodentiegels an die Stromzuleitung bei solchen Carbidöfen ersichtlich, bei welchen der eigentliche Wagen und der Tiegel voneinander getrennt sind. Die eigentliche Kontaktvorrichtung bei den abgebildeten Öfen der Elektrizitäts-A.-G. vormals Schuckert & Co. besteht aus 4 in einer Ebene angeordneten Zapfen, die durch flexible Kabel an die Zuleitungsschienen angeschlossen sind und durch von Hand betätigte, starke Hebel gehoben werden können. Der Elektrodentiegel wird auf einem

Fig. 42.



Kontaktvorrichtung gesenkt.

Fig. 43.



Kontaktvorrichtung gesenkt mit eingeschobenem Tiegel und Wagen.

Carbidofen der Elektrizität A.-G. vorm. SCHUCKERT & Co.

flachen Wagen unter die zweite Elektrode gefahren, so daß er mit den vier seitlich angebrachten Ringen über die Kontaktzapfen zu stehen kommt. Hierauf werden diese durch den Hebel gehoben, so daß der Tiegel frei hängt und der Transportwagen herausgehoben werden kann.

Eine dritte, ziemlich scharf umrissene Gruppe von Widerstandsöfen mit direkter Erhitzung des Leiters kann aus Konstruktionen gebildet werden, bei welchen der Leiter aus zwei geschmolzenen, sich nicht mischenden, elektrisch in Serie geschalteten Materialschichten besteht. Es sind dies Öfen, die wieder in erster Linie für Zwecke der Stahl- und Eisenindustrie erdacht sind. Der führende Gedanke liegt mit Rücksicht auf den Verwendungszweck darin, Kohlenelektroden verwenden zu können, aber eine Berührung dieser Elektroden mit dem eigentlichen Stahlbad zu vermeiden. Dieses Ziel wird in den meisten Fällen durch Verwendung einer Schlackenschicht erreicht, welche über dem Metallbad lagert. Das Prinzip solcher Widerstandsöfen wurde zuerst von DE LAVAL angegeben und später in den verschiedensten

Konstruktionen von HÉROULT, KELLER, GIROD und anderen praktisch verwertet. In der Elektrodenanordnung lassen sich hier zwei spezifisch verschiedene Fälle herausgreifen:

Aus der in Fig. 45 wiedergegebenen Skizze eines HÉROULTschen Elektrostahlofens kann man entnehmen, daß die beiden Kohlenelektroden *i i* in die Schlackenschicht *m* eintauchen, welche in der aus feuerfestem Material hergestellten Schmelzmulde das flüssige Metall *n* bedeckt. Die Elektroden gehen ganz nahe an die Metallschicht, ohne diese zu berühren. Ist der Widerstand der Schlackenschicht zwischen den Elektroden größer, als der zwischen Elektrode und Metall, so geht dann der Strom von der einen Elektrode durch die Schlackenschicht zum Metall und von diesem wieder durch die Schlackenschicht zur zweiten Elektrode.

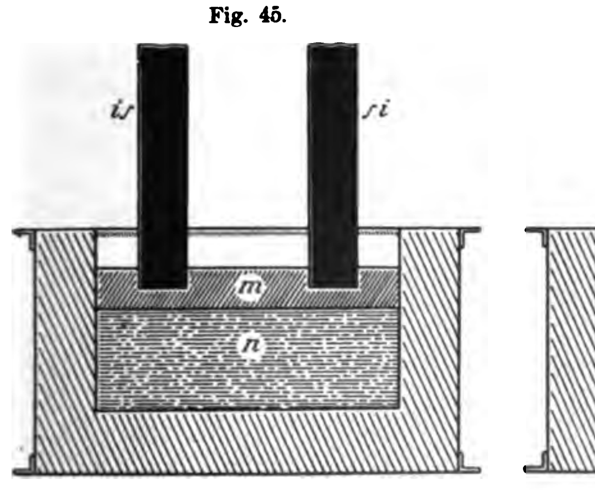
Fig. 44.



Kontaktvorrichtung gehoben mit hängendem Tiegel.

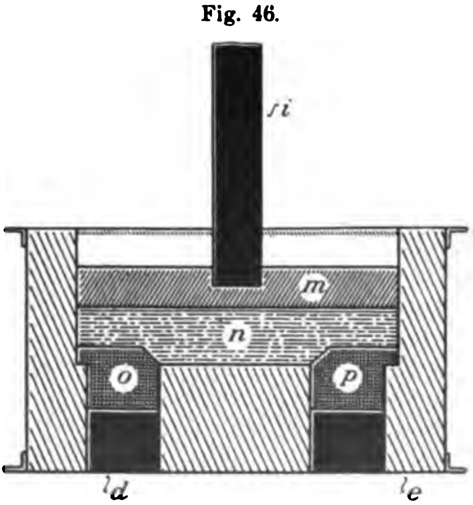
Dieses HÉROULTsche Erhitzungssystem ist für Zwecke der Stahlindustrie heute schon im großindustriellen Umfange ausgebildet und angewandt. Da aber HÉROULT in neuerer Zeit doch zwischen Schlackenschicht und Elektroden mit Licht-

Fig. 45.



Elektrostahlofen von HÉROULT schematisch.

Fig. 46.



Elektrostahlofen von GIROD schematisch.

bogen arbeitet, so soll auf diese Öfen im zweiten Abschnitt nochmals eingehender zurückgekommen werden.

Dasselbe Prinzip, aber mit geänderter Elektrodenanordnung, wendet GIROD an.[1])

GIROD bettet im unteren Mauerwerk des in Fig. 46 schematisch dargestellten Ofens eine oder mehrere Elektroden *de* aus Graphit oder anderem leitenden Material ein. Diese werden gekühlt, so daß sich eine Schicht von erstarrtem Metall *op* über ihnen bildet. Darüber kommt das geschmolzene Metall *n* und die Schlackenschicht *m*, in welche die zweite Elektrode *i* eintaucht. Derartige Öfen werden von GIROD speziell für die Herstellung von Ferrolegierungen verwendet. Die Öfen werden von der Société anonyme électrométallurgique (Procédés Paul Girod) verwertet. Für Deutschland soll in neuerer Zeit der LAHMEYER-Concern der Verwertung dieser Ofengruppe näher getreten sein.

GIROD gibt für Ofeneinheiten von 250 KW mit 1500 kg Chargengewicht und viereinhalbstündiger Chargendauer einen Kraftverbrauch von 1060 KW^h und einen Elektrodenabbrand von 10 kg pro Tonne Stahl an. Es ist anzunehmen, daß diese Zahl für Schrottverfahren mit kalt eingesetztem Rohmaterial gemeint ist.

Auch GIROD arbeitet jetzt, obenso wie HÉROULT, mit Lichtbogen, was schon einfache Erwägungen über die vorliegenden Querschnitte als notwendig erscheinen lassen.

b) Der Widerstand ist ein Elektrolyt.

α) In wässeriger Lösung.

Wenn man auch die Widerstandserhitzung gelöster Elektrolyte in der Regel nicht zu dem elektrothermischen Verfahren zählt, so sei sie doch hier angeführt, weil man sich ihrer bei einzelnen elektrochemischen Verfahren bedient, die in größerem Umfange industriell angewendet werden. Sie beruht auf der Verwendung abnormaler Stromdichten während der Elektrolyse, so daß nur ein Teil des Stromes, in diesem Falle stets Gleichstrom, für die Elektrolyse, der Rest für die Erwärmung des Elektrolyten verwendet wird. Eine derartige Heizung durch Stromwärme wäre also in den meisten Fällen auch durch einfache Wärmezufuhr von außen zu ersetzen. Sie ist also nur eine untergeordnete Maßnahme, indem die eigentliche Darstellung des betreffenden Endproduktes nicht auf einem elektrothermischen Vorgang, sondern auf elektrolytischer Zerlegung beruht. Wir können uns daher mit der Besprechung derartiger elektrothermischer Stromwirkungen hier kurz fassen.

Die Gründe, aus denen man eine Erwärmung des Elektrolyten vornimmt, können verschiedener Natur sein. Im Nachstehenden seien nur einige Beispiele angeführt:

a) Es wird angestrebt, höhere Stromdichten zu ermöglichen, ohne gleichzeitig mit der Betriebsspannung, bzw. dem Kraftbedarf in unökonomische Grenzen zu gelangen. Wenn wir z. B. bei der elektrolytischen Kupferraffination mit höheren Stromdichten an der Anode arbeiten, so wird das Kupfer im Bad kürzere Zeit zur Verarbeitung brauchen, wir erreichen also einen verminderten Betrag für Verzinsung des Kupfers in den Bädern und ein kleineres Anlagekapital.

---

1) PETERS, Die Elektrometallurgie im Jahre 1905. Glückauf 1906, Nr. 44, p. 1443.

b) Es werden hohe Stromdichten an einem oder beiden Polen des elektrolytischen Apparates benötigt, um sekundäre, die Ausbeute schädigende Reaktionen zurückzudrängen. Z. B. bei der Elektrolyse von Alkalichloriden für die Herstellung von Hypochloritlösungen für Bleichzwecke ist die Reduktion schon gebildeten Hypochlorits zu Chlorid durch den kathodischen Wasserstoff um so geringer, je höher man die Stromdichte an der Kathode nimmt.

c) Es werden elektrochemische Reaktionen durchgeführt, die in der Wärme an und für sich rascher und mit besseren Ausbeuten verlaufen. So wird z. B. die elektrolytische Herstellung der Alkalichlorate immer in der Wärme durchgeführt.

d) Es lösen sich während des Prozesses im Elektrolyten Gase, die bei niederen Temperaturen in viel größerer Menge löslich sind, als in der Wärme. Es ist dies z. B. mit einer der Hauptgründe, warum die elektrochemischen Verfahren, bei welchen gasförmiges Chlor gewonnen wird, in der Wärme durchgeführt werden.

e) Es wird ein Produkt elektrolytisch dargestellt, welches in der Wärme weitaus löslicher ist, als in der Kälte, nach entsprechender Anreicherung im Elektrolyten durch einfache Abkühlung also leicht gewonnen werden kann. Dieser Fall trifft z. B. bei der Herstellung von Kaliumchlorat zu.

Es lassen sich keine allgemeinen Angaben machen, in welchen Fällen man zu einfacher Wärmezufuhr von außen oder zur Heizung durch Stromwärme greifen wird. Man kann in dieser Beziehung nur nach dem jeweilig durchzuführenden Verfahren, den Anlagekosten im allgemeinen und für die Elektroden im besonderen, dem Wert von Rohmaterial und Endprodukt, dem Kraftpreis usw. eine Entscheidung treffen.

In den meisten Fällen wird man dann zur Heizung durch Stromwärme in wässerigen Elektrolyten greifen, wenn der bezügliche elektrochemische Vorgang den Einbau von den chemischen und elektrochemischen Einflüssen widerstehenden Heizvorrichtungen sehr erschwert oder ganz ausschließt oder derartig wertvolles Material (Platin und dessen Legierungen) für die Elektroden genommen werden muß, daß man dieses aus ökonomischen Gründen möglichst hoch belasten muß.

β) Im geschmolzenen Zustande.

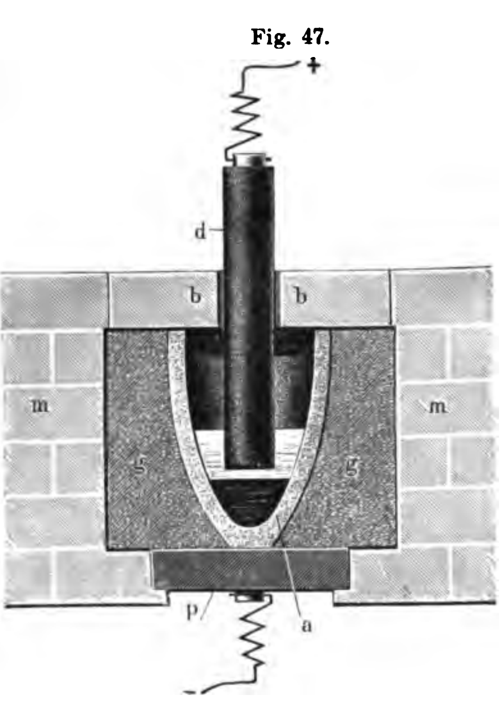
αα) Anwendung von Gleichstrom mit gleichzeitiger Elektrolyse.

Bekanntlich läßt sich eine ganze Reihe von Metallen aus wässeriger Lösung elektrolytisch nicht abscheiden, und ist man gezwungen, zur Elektrolyse im Schmelzfluß zu greifen. Von technischer Bedeutung sind unter diesen als Alkali-, Erdalkali- und Erdmetalle bezeichneten Elementen das Natrium, Calcium, Magnesium und Aluminium, während die übrigen Metalle dieser Gruppen, das Kalium, Lithium, Strontium, Baryum, Beryllium und die Metalle der Cergruppe (Cer, Lanthan, Praseodym und Neodym) im elementaren Zustande für praktische Zwecke vorläufig noch von untergeordneter Bedeutung sind. Auch für die Darstellung der erwähnten Metalle im Schmelzfluß läßt sich das unter α für die wässerigen Elektrolyte Gesagte wiederholen, daß die elektrische Heizung des Bades nur eine sekundäre Maßnahme gegenüber der eigentlichen elektrolytischen Zerlegung des Bades ist. Jedenfalls haben sich aber für diese Verfahrengruppe ganz charakteristische Ofentypen entwickelt, die eine kurze Besprechung rechtfertigen.

1. **Aluminium**: Als Grundlage für die technischen Aluminiumöfen mit Elektrolyse im Schmelzfluß diente die in Fig. 47 dargestellte Versuchsanordnung HÉROULTS.[1])

Auf einer leitenden Platte *p*, welche in das Mauerwerk *m* eingelassen ist, steht der als Kathode geschaltete Schmelztiegel *a* aus leitendem Material. Der Zwischenraum zwischen diesem und dem Mauerwerk ist durch das Kohlenpulver *g* ausgefüllt. Der Tiegel ist mit einem Deckel *b* bedeckt, durch welchen die Kohlenanode *d* hineinragt. Durch Ziehen eines Lichtbogens zwischen Tiegel und Kohle wird zunächst etwas von der Beschickung geschmolzen und hierauf die Kohle gehoben. Durch den Strom wird nun einerseits immer eine neue Menge der Beschickung geschmolzen, anderseits elektrolytisch zerlegt, wobei sich das abgeschiedene Metall am Boden des Tiegels ansammelt.

Fig. 47.



Versuchsofen für Aluminiumdarstellung von HÉROULT.

Die Figuren 48 bis 50 zeigen eine von WINTELER angegebene Ausführung industrieller Aluminiumöfen.[2]) Das dargestellte Bad ist für 3200 Ampere bestimmt und besteht aus einem mit Versteifungen versehenen Kasten aus Schmiedeeisen, welcher gegen Korrosion durch eine erstarrte Schicht der Schmelze selbst geschützt wird. Der Boden des Bades ist mit Kohlenplatten belegt und dient als Kathode. Für die erwähnte Stromstärke soll das Bad eine Länge von 1050, eine Breite von 550 und eine Höhe von 300 mm haben. Das Bad soll auf gemauerten Pfeilern hohl gelagert werden, um eine entsprechende Kühlung der auf der Kathode sich abscheidenden Metallschicht zu ermöglichen. Bei längerem Betriebe tritt eine Zerstörung des Kohlenbelages ein, und da muß das abgeschiedene Aluminium, wenn auch geschmolzen, so doch auf einer derart niederen Temperatur gehalten werden, daß es sich mit Eisen nicht legiert. In das Bad hängen die Kohlenelektroden hinein, welche von Kupferstangen getragen werden. Der Abstand zwischen Anode und Kathode wird auf ca. 6 cm gehalten.

Als Elektrolyt dienen bei der Aluminiumdarstellung wasserfreie, geschmolzene Aluminiumverbindungen (Kryolith), deren Aluminiumgehalt nach Maßgabe der fortschreitenden Metallfällung durch Aluminiumoxyd ergänzt wird. Die durch Widerstandserhitzung aufrecht erhaltene Badtemperatur beträgt im Mittel 750° C. Die Stromdichte beträgt ca. 7000 Ampere pro qm horizontalen Badquerschnittes bei einer mittleren Badspannung von 7·5 Volt.

1) BORCHERS, Elektrometallurgie 3. Auflage, p. 130. S. Hirzel, Leipzig.
2) BORCHERS, Die elektrischen Öfen 1907, p. 19. W. Knapp, Halle a. S.

Der Kraftverbrauch beträgt im Mittel 1400 PS pro Tonne Tagesproduktion bei 24^{h} Betrieb oder rund 34 PS^{h} pro kg.

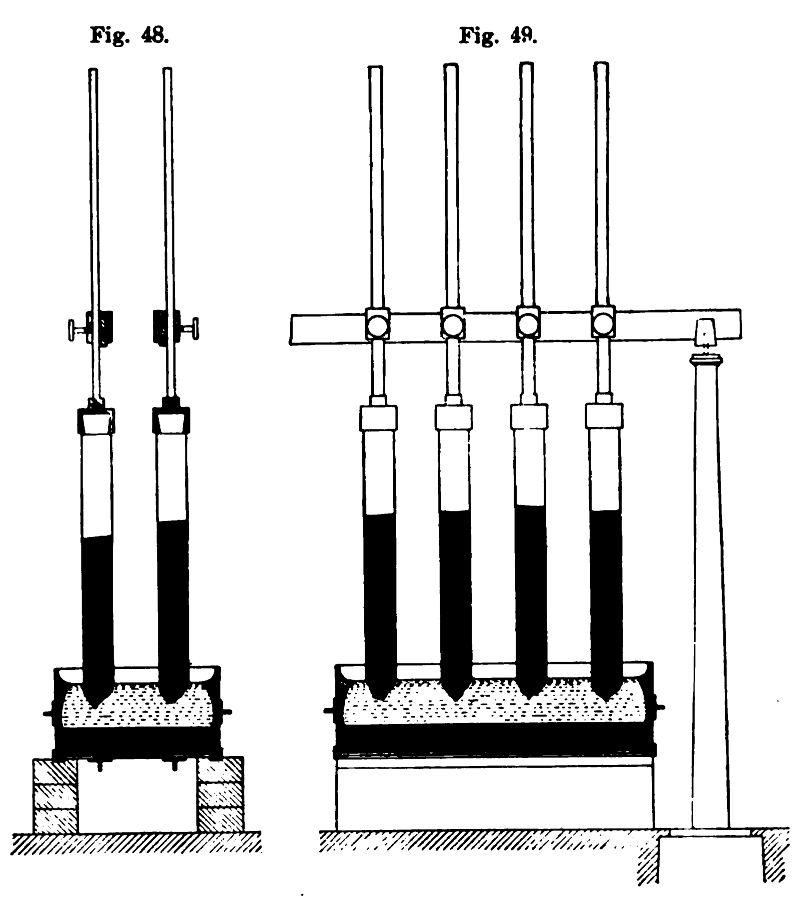


Fig. 48. Fig. 49.

Technischer Aluminiumofen nach WINTELER.

2. Magnesium: Als Elektrolyt dient ein geschmolzenes Gemisch von Magnesiumchlorid und Chloriden der Alkalimetalle (K, Na). Es entweicht also an der Anode Chlor. Da der Elektrolyt bei der Magnesiumdarstellung in der Regel durch Wärmezufuhr von außen geschmolzen erhalten wird, so brauchen wir auf die bezüglichen Ofenkonstruktionen nicht weiter einzugehen.

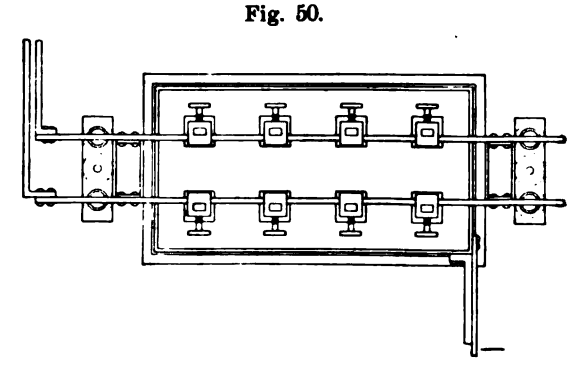


Fig. 50.

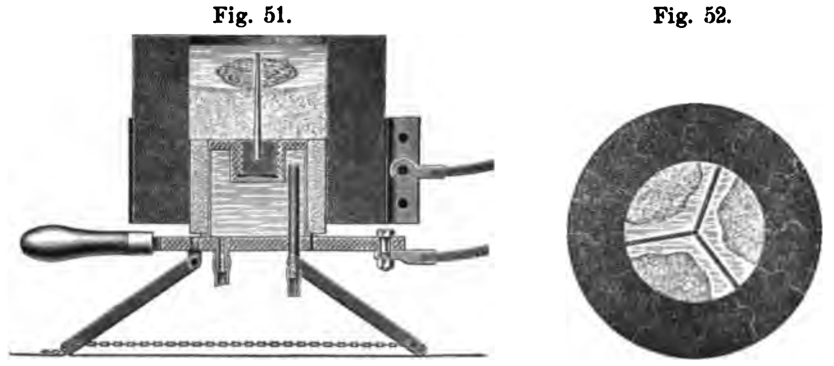
Technischer Aluminiumofen nach WINTELER.

3. Calcium (Baryum, Strontium): Diese Metalle erfordern bei ihrer elektrolytischen Abscheidung sehr hohe Stromdichten an der Kathode. Die Oberfläche der letzteren ist also im Verhältnis zur Anodenoberfläche eine sehr kleine. Als Elektrolyte dienen die geschmolzenen, wasserfreien Chloride. Als Konstruktions-

beispiel sei in Fig. 51 und 52 ein Ofen BORCHERS für Calciumdarstellung wiedergegeben.[1]) Die Anode besteht aus einem aus einzelnen mit Nuten versehenen Segmenten zusammengesetzten Kohlenzylinder. Dieser Zylinder besitzt einen Boden aus gestampften Flußspat, welcher mit einem Kühlkörper gekühlt wird. Die Kathode ist ein Eisenstab, das Chlor entweicht frei aus dem Apparat. Die Badspannung beträgt ca. 12 Volt.

4. Natrium (Kalium): Industriell wird das Natrium heute nahezu ausschließlich durch Elektrolyse von geschmolzenem Ätznatron dargestellt. Als

Fig. 51. Fig. 52.



Ofen für Calciumdarstellung von BORCHERS.

Anodenmaterial dient Eisen. Das abgeschiedene Natrium steigt im Elektrolyten in die Höhe und muß abgeschöpft oder auf andere Weise entfernt werden. An Apparatentypen sind die von CASTNER und BECKER in der Praxis im Gebrauch. Bei dem niederen Schmelzpunkt des Rohmaterials ist keine zwingende Notwendigkeit vorhanden, die Stromwärme zum Schmelzen des Elektrolyten zu verwenden, sondern kann die Wärmezufuhr ganz gut auch von außen erfolgen. Es sei daher bezüglich weiterer Einzelheiten auf die Spezialliteratur verwiesen.[2])

ββ) Anwendung von Wechselstrom.

Man verwendet bekanntlich beim Härten von Stahl heute schon mehrfach Bäder aus geschmolzenen Metallen oder Salzen (Blei, Cyankalium) hauptsächlich aus dem Grunde, um eine möglichst gleichmäßige Erwärmung zu erzielen und um durch die dünne Haut des betreffenden Materials, welche beim Herausnehmen unf dem Werkstücke bleibt, einen Zutritt der Luft zu dem zu härtenden Stück zu vermeiden. Derartige Schmelzbäder entwickeln, besonders bei höheren Temperaturen, schädliche Dämpfe, und außerdem sind sie, da die Wärmezufuhr von außen erfolgt, nicht vollkommen gleichmäßig in der Temperatur und erlauben keine vollkommen einwandfreie Messung der Badtemperatur. Dazu kommt noch, daß gerade die bei den höchsten Temperaturen zu härtenden Stahlsorten sowohl im Rohmaterial als in der Bearbeitung die teuersten sind, also speziell für hohe Badtemperaturen besonders zuverlässige Öfen sehr erwünscht sind.

Allen diesen Umständen will die Gebr. Körting Elektrizität

1) BORCHERS, Elektrometallurgie, 3. Auflage, p. 82. S. Hirzel, Leipzig.

2) BORCHERS, Elektrometallurgie, 3. Auflage, p. 64. S. Hirzel. ENGELHARDT, Monographien über angewandte Elektrochemie Bd. IX: H. BECKER, Die Elektrometallurgie der Alkalimetalle. W. Knapp, Halle a. S.

G. m. b. H. in Berlin durch ihre Härteöfen mit elektrisch geheiztem Schmelzbad Rechnung tragen [1]) und den allgemeinen Bedingungen, welche eine gute Glüh- und Härtevorrichtung stellt, nachkommen.

Diese Bedingungen stellt COHN (l. c.) wie folgt zusammen:

1. Es muß jede gewünschte Temperatur erreichbar sein und diese auf ihrem Werte gehalten werden können.

2. In leichter und zuverlässiger Weise muß die Temperatur des Härtegutes bestimmbar sein.

3. Sowohl während des Glüh- als auch des Härtevorganges muß die Möglichkeit ausgeschlossen sein, daß unbeabsichtigt Stoffe an das Glüh- oder Härtegut gelangen, die eine Veränderung des Kohlenstoffgehaltes oder schädliche Einwirkungen irgend welcher Art mit sich bringen.

4. Der Stahl muß in allen seinen Teilen gleichmäßig erwärmt sein.

Die erforderlichen Temperaturen für die Härtung teilt COHN in drei Intervalle u. z. 850 ° C und etwas darüber für gewöhnliche Fälle, bis 1150 ° C für Schnelldreh- und andere Spezialstähle, bis 1300 ° C für ganz besondere Fälle.

Die KÖRTINGschen Härteöfen bestehen aus einem durch Widerstandserhitzung mit Wechselstrom im Schmelzfluß gehaltenen Bade von geschmolzenen Salzen, insbesondere Chloriden (Chlorbaryum und Chlorkalium). Chlorbaryum allein wird für höhere Temperaturen über 1000 ° C, für niedrigere Temperaturen ein Gemisch von 2 Teilen Chlorbaryum und 1 Teil Chlorkalium verwendet, welches bei ca. 670 ° C schmilzt.

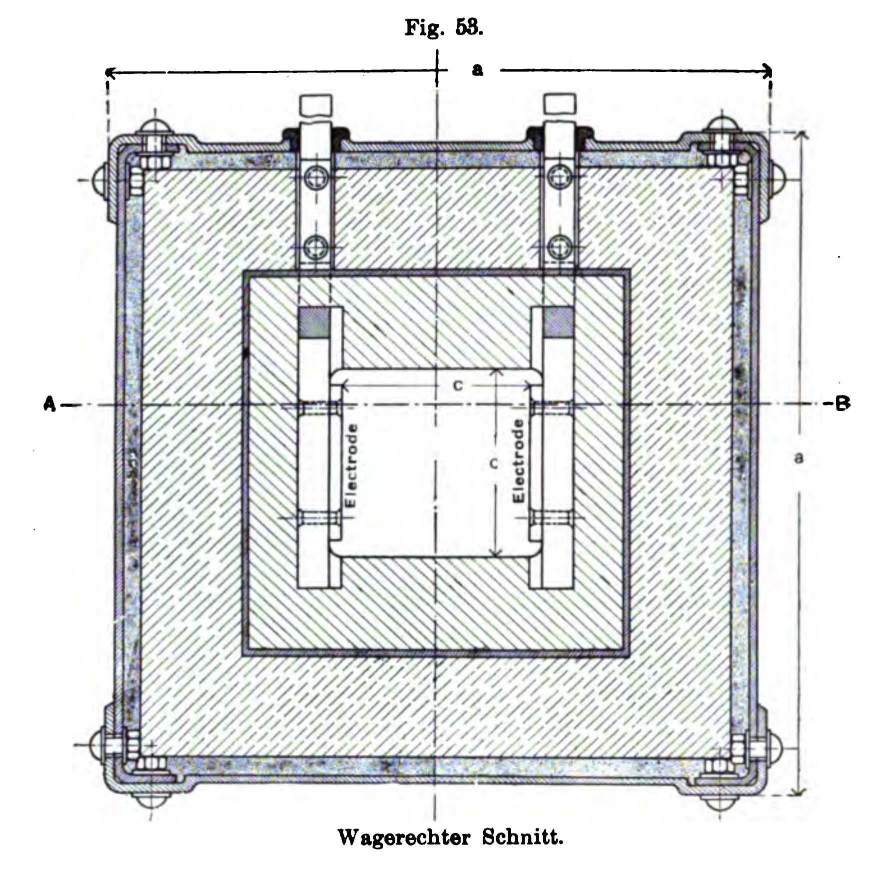
In den Figuren 53 und 54 ist ein wagerechter und ein senkrechter Schnitt durch einen solchen Ofen dargestellt. Er besteht aus einem gußeisernen Gehäuse von nahezu kubischer Form, welches zunächst mit einer Schichte Chamottemörtel und dann mit einer Lage guten Chamottemauerwerks ausgekleidet ist. Letzteres enthält den eigentlichen, prismatischen Schmelztiegel aus feuerfestem Material, in dessen zwei gegenüberliegende Seitenflächen die Stromzuleitungen aus Gußeisen eingesetzt sind. Diese müssen leicht ausgewechselt werden können, denn wenn auch der angewendete Wechselstrom eine elektrolytische Wirkung zwischen Elektrode und Schmelzbad ziemlich zurückdrängt, so ist eine solche bei der normal angewandten Periodenzahl von 50 doch nicht ganz ausgeschlossen, so daß von den Elektroden ein am Boden des Schmelzbades sich absetzender Eisenschlamm abgeht. COHN erklärt den Elektrodenverbrauch dadurch, daß das Chlor an der jeweiligen Anode Eisen in Lösung bringt, welches durch metallisches Baryum am anderen Pol unter Rückbildung von Chlorbaryum reduziert wird. Der Vorgang ließe sich also durch nachstehende Gleichungen darstellen:

$$Ba\,Cl_2 = Ba + Cl_2$$
$$Fe + Cl_2 = Fe\,Cl_2$$
$$Fe\,Cl_2 + Ba = Ba\,Cl_2 + Fe.$$

Da das Schmelzbad im erstarrten Zustande nicht leitet, wird bei der Inbetriebsetzung des Bades mittels einer Hilfselektrode auf der Oberfläche der erstarrten Schmelze ein geschmolzener Streifen von der einen zur anderen

1) COHN, Glüh- und Härteofen mit elektrisch geheiztem Schmelzbad. ETZ. 1905. Heft 3.

Fig. 53.



Wagerechter Schnitt.

Fig. 54.

Senkrechter Schnitt *A B*.

Elektrisch geheiztes Schmelzbad von Gebr. Körting Elektrizität G. m. b. H.

Elektrode gezogen. Ist ein geschmolzener Streifen zwischen den beiden Elektroden hergestellt, so kommt der ganze Badinhalt allmählich in Fluß.

Zur Regulierung der Temperatur, also der anzuwendenden Stromstärke, dient der in Fig. 55 ersichtliche Reguliertransformator, der in seiner Primärwickelung mehrere zu- und abschaltbare Spulen enthält. Der bezügliche Schalter ist auf dem Transformator, der Ölfüllung enthält, angebracht. Das kleine Schaltbrett ist mit Voltmeter, Sicherung und Ausschalter versehen.

Mit derartigen Härteöfen soll vor allem eine vollständig gleichmäßige und genau bestimmbare Temperatur im Bade bis zu den höchsterforderlichen

Fig. 55.



Elektrisch geheiztes Schmelzbad von Gebr. Körting, Elektrizität G. m. b. H.

Temperaturen von 1300° C zu erzielen sein. Die Ausfütterungen des Ofens beschränken die Wärmeleitung und -Strahlung auf ein Minimum. Die Badtemperatur wird in der Regel mittels Pyrometers gemessen. Normal wird mit einem primären Wechselstrom von 190 Volt und 50 Perioden gearbeitet. Die Sekundärspannung beträgt bei Intriebsetzung ca. 50—55 Volt und sinkt während des Betriebes je nach der Badtemperatur auf 13—18 Volt.

Temperaturmessungen an je 9 Punkten in 3 verschiedenen horizontalen Ebenen des Schmelzbades gaben die nachstehenden Werte. (S. Tabelle XIV.)

Temperaturmessungen in der vertikalen Achse des Apparates (Punkt 5 obiger Tabelle) gaben nachstehende Werte:

10	mm	unter der Oberfläche	1115° C
15	„	„ „ „	1135° „
20	„	„ „ „	1135° „
40	„	„ „ „	1135° „
87	„	„ „ „	1135° „
30	„	über dem Boden	1135° „

Tabelle XIV.

Ebene	Punkt								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a	1110	1110	1110	1110	1109	1109	1109	1109	1108
b	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120
c	1123	1123	1123	1123	1123	1123	1123	1123	1123

Man beobachtet also nur in der obersten Schicht eine geringe Abkühlung des Bades von 20° C = 1·75 %.

Die zu glühenden oder zu härtenden Gegenstände werden entweder an einem Eisendraht eingehängt oder mit einer Zange so lange in das Bad eingesetzt, bis sie die Farbe desselben angenommen haben.

Es werden vier normale Ofentypen gebaut und zwar:

Tabelle XV.

Größe	Querschnitt mm	Tiefe mm
I	120 × 120	120
II	150 × 150	170
III	200 × 200	270
IV	300 × 300	570

Jede dieser normalen Typen wird wieder für die drei Temperaturgrenzen von 850, 1150 und 1300° C eingeführt.

Der Kraftverbrauch derartiger Öfen in KW ist in Tabelle XVI zusammengestellt:

Tabelle XVI.

Temperatur °C	Ofengröße			
	I	II	III	IV
850	3	4·5	8·5	20
1150	5·5	9	16	36
1300	7·5	12	22	48

Über die Betriebskosten der Härtung gibt die ausführende Firma nachstehende vergleichende Daten, wobei das Härten von 100 Stück Fraisern als Grundlage genommen ist:

a) Härtung im Gasofen inklusive Anheizen und Vorwärmen 50 Arbeitsstunden:

350 cbm Gas à 12·35 Pf.	M. 43·23
1 Blechbüchse von 3 mm Wandstärke, nach 5 maligem Gebrauch unbrauchbar	„ 6·—
Holzkohlengrieß	„ 2·—
Kraft für Winddruck $^1/_2$ PS. 5 Tage à 1 M.	„ 5·—
50 Stunden Lohn à 70 Pf.	„ 35·—
	M. 91·23

b) Härtung im elektrisch geheizten Ofen inklusive Anheizen und Vorwärmen 10 Arbeitsstunden.

200 KW^h (10^h à 20 KW) à 10 Pf.	M. 20·—
Koks zum Vorwärmen 10^h	„ 1·—
10^h Lohn à 70 Pf.	„ 7·—
	M. 28·—

c) Der Widerstand ist ein Gas.

Im Jahre 1890 war es Coffin gelungen, elektrische Schweißungen unter Wasser durchzuführen und machte er für derartige Verfahren vor allem den Vorteil geltend, daß eine Oxydation der zu schweißenden Stücke vermieden wird. Man konnte dieses Verfahren im gewissen Sinne als einen Vorläufer der bekannten Arbeiten von Lagrange und Hoho ansehen, bei welchen ebenfalls die Erhitzung von Metallgegenständen in einer leitenden Flüssigkeit erfolgt.[1])

Es war schon lange vor den mehr praktischen Zielen zustrebenden Arbeiten von Lagrange und Hoho bekannt, daß man beim Eintauchen von Elektroden von kleinem Durchmesser und kleiner Oberfläche, z. B. von sehr kurzen, dünnen Platindrähten in verdünnte Schwefelsäure unter bestimmten Bedingungen leuchtende Schichten an jedem Pole einer elektrolytischen Zelle hervorrufen kann. Es wurde auch festgestellt, daß beim Auftreten dieser Lichterscheinungen die Stromstärke in der elektrolytischen Zelle sofort bedeutend unter den Wert sinkt, der sich aus der Zellenspannung und dem Widerstand des Elektrolyten und der Elektroden berechnen würde. Tauchte man die Elektrode tiefer ein, so verschwand die Lichterscheinung und die normale Stromstärke stellte sich wieder ein. Die ersten Beobachtungen dieser Erscheinungen dürften auf Fizeau und Foucault[2]) zurückzuführen sein. Die Beobachtungen wurden von Mackrell und Hare, Slouginoff, Righi, Colley, Planté und anderen fortgesetzt. Die eingehendsten Untersuchungen rühren von Violle und Chassagny[3]) her. Hierauf folgten, bevor man an eine praktische Verwertung der in Rede stehenden Erscheinungen herantrat, einige Untersuchungen allgemeiner Natur von Lagrange und Hoho, die an der schon angeführten und anderer Stelle veröffentlicht wurden.[4])

Der Vorgang läßt sich in der Modifikation, in der ihn Lagrange und Hoho verwendeten, kurz in nachstehender Weise zusammenfassen: Wenn wir an eine in eine leitende Flüssigkeit tauchende Anode von großer Oberfläche den positiven Pol, an ein beliebiges Metallstück, z. B. eine Eisenstange, den negativen Pol einer beliebigen Stromquelle anschließen und dann die Metallstange mehr oder weniger tief in den Elektrolyten eintauchen lassen, so bildet sich um den Metallstab eine Gasschicht, welche den eingetauchten Teil vollständig umgibt. Die Bildung dieser Gasschicht in der, für den vorliegenden Zweck erforderlichen Weise ist abhängig von der Größe der

1) Lagrange und Hoho, Etude sur un phénomène lumineux et calorifique produit par le courant électrique dans les liquides. Bulletin de l'académie royale de Belgique. Serie III, Bd. XXII, Nr. 9—10. 1891.

2) Annal. de chim. et de phys. XI. 1844, p. 383.

3) Séances de la société franç. de phys. 1889, p. 183.

4) Lagrange und Hoho, Procédé électrique nouveau permettant de créer des températures supérieures à celles actuellement réalisables. Bulletin de l'académie royale de Belgique, Serie III, Bd. XXV, Nr. 2, 1893.

eingetauchten Oberfläche, der Zusammensetzung des Elektrolyten und der Spannung am Bade. Die entstehende Gasschicht hat einen so hohen Widerstand, daß nahezu die ganze aufgewandte Energie in Wärme umgesetzt wird und die Gasschicht ins Glühen kommt.

Wir haben es also hier tatsächlich mit der Widerstandserhitzung eines Gases zu tun, welches zum größten Teil aus Wasserstoff, zum Teil aber auch aus Wasserdampf und verdampfenden Teilen der Elektrolyten bestehen wird. Diese Gasschicht bildet eine Wärmequelle, die den an den negativen Pol angeschlossenen Gegenstand umschließt und deren Temperatur ungemein gesteigert werden kann; sie teilt ihre Wärme dem Kathodenkörper mit, so daß dieser in kürzester Zeit bis zur Weißglut erhitzt werden kann.

Für eine praktische Anwendung des Verfahrens sind nachstehende Eigenschaften desselben zu berücksichtigen:

1. Durch die am negativen Pol sich bildende, im wesentlichen aus Wasserstoff bestehende Gashülle wird der zu erhitzende Gegenstand vor Oxydation geschützt.

2. Die Wasserstoffhülle bildet sich nur an den Berührungsstellen der Kathode mit dem Elektrolyten, es kann daher die Wärmewirkung begrenzt werden. Man kann auch bei dem eingetauchten Teile des Gegenstandes die Einwirkung auf bestimmte Stellen beschränken, wenn die nicht zu erhitzenden Teile durch Schichten von isolierendem Material bedeckt werden.

3. Die Erwärmung kann einerseits durch die Zusammensetzung des Bades, anderseits durch Veränderung der Stromstärke, bzw. der Badspannung, reguliert werden.

4. Der den negativen Pol bildende Gegenstand ist reduzierenden Einwirkungen unterworfen, welche, neben der auftretenden Wärme, zu chemischen Reaktionen herangezogen werden können.

5. Die Gashülle und der Kathodenkörper werden in Weißglut versetzt, wodurch der Inhalt des Badgefäßes gut beleuchtet wird. (Über die elektrophysikalischen Erscheinungen vgl. weiterhin Bd. I, 2 in Art. 155ff. und 260ff.)

Als Stromart kommt nach der Natur des Verfahrens natürlich nur Gleichstrom in Betracht und zwar, mit Rücksicht auf die leichtere Bearbeitung verschiedener Oberflächen, am besten in der Weise, daß eine entsprechend große Akkumulatorenbatterie parallel zum Generator geschaltet wird. Die normale Lichtspannung von 110 Volt kann verwendet werden. Als Arbeitsbäder werden gewöhnlich runde, genügend große Holzgefäße von 1 bis 2 qm Oberfläche und 0·5 m Badhöhe verwendet. Als Elektrolyt dient bei der normalen Betriebsspannung von 110 Volt 20 %ige Pottaschelösung. Die Badtemperatur wird auf 50—70° C gehalten. Bei höheren Badspannungen kann der Elektrolyt entsprechend verdünnt werden. Als Anoden werden der Gefäßform angepaßte Eisen- oder Bleibleche von 2 bis 3 mm Dicke und von gleicher Höhe wie die Badflüssigkeit angewendet. Die angewendete Stromdichte um die Gashülle hervorzurufen beträgt bei der angeführten Konzentration des Elektrolyten 4·5 bis 5 Ampere pro qcm zu erhitzender Oberfläche, und kommt dabei nicht wesentlich in Betracht, aus welchem Metall der an die Kathode angeschlossene Gegenstand besteht. Die Dauer der Einwirkung ist in der Regel eine sehr kurze und erstreckt sich nur auf einige Sekunden. Sie ist bei gegebener Badspannung und Leitfähigkeit des Elektrolytes proportional der gewünschten Temperatur und dem Volumen des zu behandelnden

Gegenstandes, ist aber natürlich auch abhängig von der dieses Volumen einschließenden Oberfläche. Arbeitet man mit normalen Spannungen und gut leitendem Elektrolyten, so beträgt der thermische Nutzeffekt 35 bis 40 %, wenn es sich um einfache Erhitzung der Kathode auf bestimmte Temperaturen handelt. Bei sehr hohen Stromdichten, wie man sie z. B. zum Schmelzen des Kathodenmaterials anwenden muß, kann der thermische Nutzeffekt bis gegen 100 % gesteigert werden.

Als das Verfahren von LAGRANGE und HOHO auftauchte, wurde es für folgende Zwecke in Aussicht genommen:

Zum Erhitzen von Gegenständen, speziell von Metallen auf hohe Temperaturen zum Zwecke des Schweißens, Schmiedens, Prägens, Stanzens und ähnlicher Arbeiten.

Zum Ausglühen, Anlassen und Härten von Metallgegenständen.

Zum Schmelzen oder Erweichen von Metallen.

Zur Reinigung metallischer Oberflächen von Oxydschichten oder anderen anhaftenden fremden Körpern.

Nach älteren, in Tabelle XVII angeführten Versuchen, die vom belgischen Eisenbahnministerium durchgeführt wurden, war die Festigkeit, von nach diesem Verfahren durchgeführten Schweißungen eine befriedigende.

Tabelle XVII.

	Durchmesser mm	Querschnitt qmm	Bruchlast kg gesamt	Bruchlast kg pro qmm	Dehnung auf 110 mm gesamt	Dehnung auf 110 mm %	Bemerkungen
Stange von Bessemerstahl, nicht geschweißt	14·7	169·6	6880	40·5	35·5	32·27	—
ddo, geschweißt	15	176·7	6870	38·8	26·4	24.00	Bruch außerhalb der Schweißstelle
ddo, geschweißt	14·6	167·4	6940	41·4	28·2	25·63	ddo
Eisenstange nicht geschweißt	14·7	169·7	6220	36·6	26·2	23·81	—
ddo, geschweißt	14·5	165·1	5780	35·0	14·7	13·36	Bruch außerhalb der Schweißstelle

Das Schweißen nach diesem Verfahren kann sowohl durch einfaches Zusammenpressen der beiden Enden, als durch Hämmern der abgefinnten Arbeitsstücke erfolgen. Es muß stets mindestens ein Stück von der Länge des Durchmessers erhitzt werden.

Das einseitige Erhitzen zu schweißender Stücke ergab den nachstehenden Kraftverbrauch. Siehe Tabelle XVIII S. 52.

Die Zahlen beziehen sich auf eine 20 %ige Pottaschelösung von 70 ° C.

Über den Kraftverbrauch bei verschiedenen Temperaturen gibt die nachstehende Tabelle XIX S. 52 Aufschluß. Diese gilt bei allen Angaben für ein gut gereinigtes Rundeisen von 20 mm Durchmesser und 16 qcm eingetauchter Oberfläche, welche bei 150 Volt Badspannung auf Weißglut erhitzt wurde.

Handelt es sich um ein einfaches Desoxydieren von Oberflächen, so erreicht man bei 120 Volt die genügende Stromdichte von 5 bis 6 Ampere

Tabelle XVIII.

Rundeisen Durchmesser	Erhitzte Oberfläche	Strom pro Stange		Dauer in Sekunden	KWh
mm	qcm	Volt	Ampere		
10	5	110	20	6	0·0036
15	10	120	45	8	0·012
20	15	130	75	10	0·027
25	25	150	125	12½	0·065
30	35	170	175	15	0·124
35	50	200	250	17½	0·242
40	60	220	300	20	0·366

Tabelle XIX.

Badtemperatur	Ampere	Dauer in Sekunden	Ampere-sekunden	Ampere pro qcm	Bemerkungen
20° C	100	13	1300	6·3	
30	95	12	1140	5·9	
40	90	11	990	5·6	
50	85	10	850	5·3	
60	80	9	720	5·0	
70	80	8	640	5·0	
80	75	9	675	4·7	
90	60	13	780	3·8	Unregelmäßige Gashülle
95	—	—	—	—	Die Gashülle bildet sich nicht mehr

pro qdcm, die durch 6 bis 10 Sekunden, je nach dem Grad der Oxydation, einzuhalten ist.

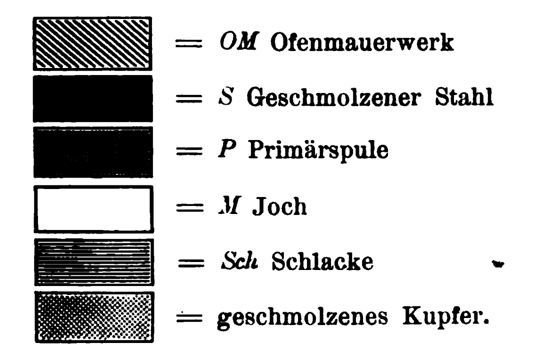
Das Verfahren von Lagrange und Hoho hat keine sehr umfangreiche praktische Bedeutung erlangt. Die Hauptgründe dafür sind wohl darin zu suchen, daß nur verhältnismäßig kleine Stücke behandelt werden können, da die Stromstärken bei größeren Oberflächen ganz enorm sind. Dazu kommt noch, daß bei Stücken mit scharfen Kanten oder Schneiden, wie ja jedem Elektrochemiker geläufig sein wird, die Stromdichten sich doch verschieden verteilen, so daß die Kanten und Schneiden leicht Schaden nehmen können. Das Verfahren wird jedoch vereinzelt noch immer angewendet. Speziell zum Härten von Werkzeugen wurde es in letzterer Zeit in Amerika wieder empfohlen.[1]) Auch auf der Ausstellung in Lüttich 1905 wurde es wieder im Betriebe vorgeführt.

1) ETZ. XXV, 1904, p. 118.

B. Der zu erhitzende Körper bildet den sekundären Stromkreis (Induktionserhitzung).

In einem Patente Ferrantis (Nr. 700 ex 1887) finden wir wohl zum ersten Male elektrische Öfen vorgeschlagen, in welchen Metalle im Schmelzfluß oder andere leitende Flüssigkeiten durch Induktionsströme erhitzt werden sollen. Dieses Patent fand ebensowenig besondere Beachtung, als ein späteres amerikanisches Patent Colbys vom Jahre 1890 auf ähnliche Öfen. Ebenfalls gegen das Jahr 1890 versuchte Dewey[1]) in Amerika Induktionswirkungen zum Ausdehnen von Radreifen in der Weise zu benützen, daß diese in einer isolierenden Packung von Asbest auf oder in eine entsprechende Primärspule gelegt und elektrisch erwärmt wurden. Als es dann dem Schweden Kjellin 1900 zuerst gelang, den Induktionsofen zu einem praktisch brauchbaren Hilfsmittel der Eisen- und Stahlindustrie auszugestalten, kamen nicht nur die oben erwähnten, ziemlich verschollenen Patente wieder ans Tageslicht, sondern regnete es geradezu eine ganze Menge neuer Vorschläge über derartige Induktionsöfen. Wenn auch solche Öfen sich in der Zukunft voraussichtlich für die verschiedensten Zwecke als verwendbar erweisen werden, so sind sie in ihrem derzeitigen Entwickelungsstadium doch nur für Zwecke der Eisen- und Stahlindustrie ins Auge gefaßt. Für den Elektrotechniker sind sie schon aus dem Grunde von besonderem Interesse, als sie im Prinzip einem bekannten Apparat, dem Wechselstromtransformator, nachgebildet sind. Wir können die Induktionsöfen, soweit sie bisher entwickelt sind, als Wechselstromtransformatoren bezeichnen, bei denen die sekundäre Wickelung aus einer einzigen, kurz geschlossenen Windung besteht, welche von dem geschmolzenen, leitenden Material gebildet wird.

Zur leichteren Übersicht über die verschiedenen Systeme von Induktionsöfen sind in den Tafeln III bis VII 10 charakteristische Typen dargestellt. In diesen Tafeln bezeichnet



Alle 10 dargestellten Ofentypen betreffen nur reine Induktionsöfen, also solche, bei welchen nur Induktionserhitzung zur Anwendung gelangt. Außer diesen sind in neuester Zeit auch kombinierte Systeme in Vorschlag gebracht worden, bei welchen neben der Induktionserhitzung noch direkte Widerstandserhitzung oder auch Lichtbogenerhitzung zur Anwendung gelangen soll. (Z. B. neuere Konstruktionen von Hiorth, Röchling und Rodenhauser etc.) Da diese kombinierten Systeme noch im Stadium der Entwickelung sind, können sie für die Zwecke dieses Handbuches vorläufig wohl über-

1) ETZ. X, 1889, p. 360.

gangen werden, so daß wir uns im Nachstehenden nur mit den reinen Induktionsöfen zu beschäftigen hätten.

Die in den Tafeln III bis VIII dargestellten Typen von reinen Induktionsöfen lassen sich vom Standpunkte der elektrotechnischen Anordnung in nachfolgender Weise gruppieren:

A. **Metallbad und Schlacke sind im sekundären Stromkreis parallel geschaltet.** Diese Öfen würden also bei den Induktionsöfen die analoge Gruppe bilden, welche bei den direkten Widerstandsöfen die auf Seite 29 beschriebenen Öfen von GIN darstellen. Die Schlacke liegt geschmolzen auf dem Eisenbad, und geht nur der prozentuelle Stromanteil durch die Schlacke, der sich aus der relativen Leitfähigkeit von Metall und Schlacke ergibt.

a) **Das Metallbad hat überall den gleichen Querschnitt.** Diese Bedingung ist natürlich nicht mathematisch genau aufzufassen, denn durch die Einwirkung des Metallbades und der Schlacke auf das Ofenfutter ergeben sich während des Betriebes von selbst Erweiterungen und Vertiefungen in der Schmelzrinne. Diese Querschnittsänderungen sind aber relativ geringe und nicht beabsichtigte.

α) Die Primärspule ist röhrenförmig, die betreffenden Öfen stellen im Prinzip einen Transformator mit Röhrenwickelung vor.

1. Ofen von COLBY 1890. Tafel III. Primärspule und Schmelzrinne sind konzentrisch, die letztere ist aber innerhalb der Primärspule angeordnet. Das Magneteisen ist als Doppeljoch, der Ofen als Manteltransformator ausgebildet.

2. u. 3. Ofen von KJELLIN 1900, 1905. Tafel IV. Primärspule und Schmelzrinne sind konzentrisch, hier ist aber die Primärspule innerhalb der Schmelzrinne angeordnet. Die Magneteisen sind sowohl als einfaches, als auch als Doppeljoch ausgeführt worden, die Öfen sind also entweder Kern- oder Manteltransformatoren.

4. Ofen von HIORTH 1905. Tafel V. Die Primärspule ist zur Schmelzrinne exzentrisch angeordnet. Die beiden dargestellten Ofenrinnen sind nur abwechselnd im Betrieb. Der von der Primärspule umschlossene Kern ist fest angeordnet, während der übrige Teil des Magneteisens abwechselnd für die rechte oder die linke Schmelzrinne verwendet werden soll. Der Ofen ist also ein Kerntransformator mit Umwickelung des äußeren Kernes.

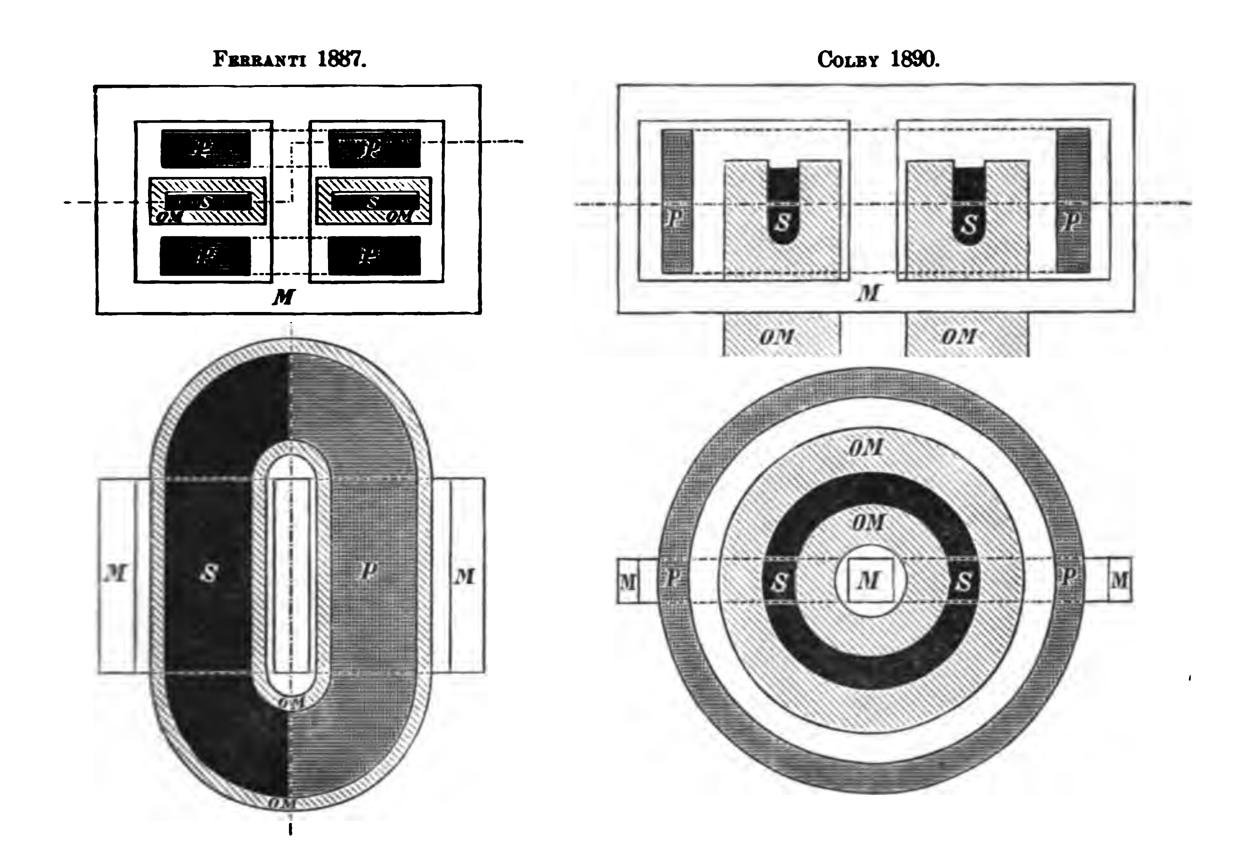
β) Die Primärspule ist scheibenförmig, die betreffenden Öfen stellen im Prinzip einen Ofen mit Scheibenwickelung dar.

5. Ofen von FERRANTI 1887. Tafel III. Die flachen Spulen sind oberhalb und unterhalb der Schmelzrinne angeordnet. Das Magneteisen ist als Doppeljoch ausgebildet, der Ofen ist ein Manteltransformator.

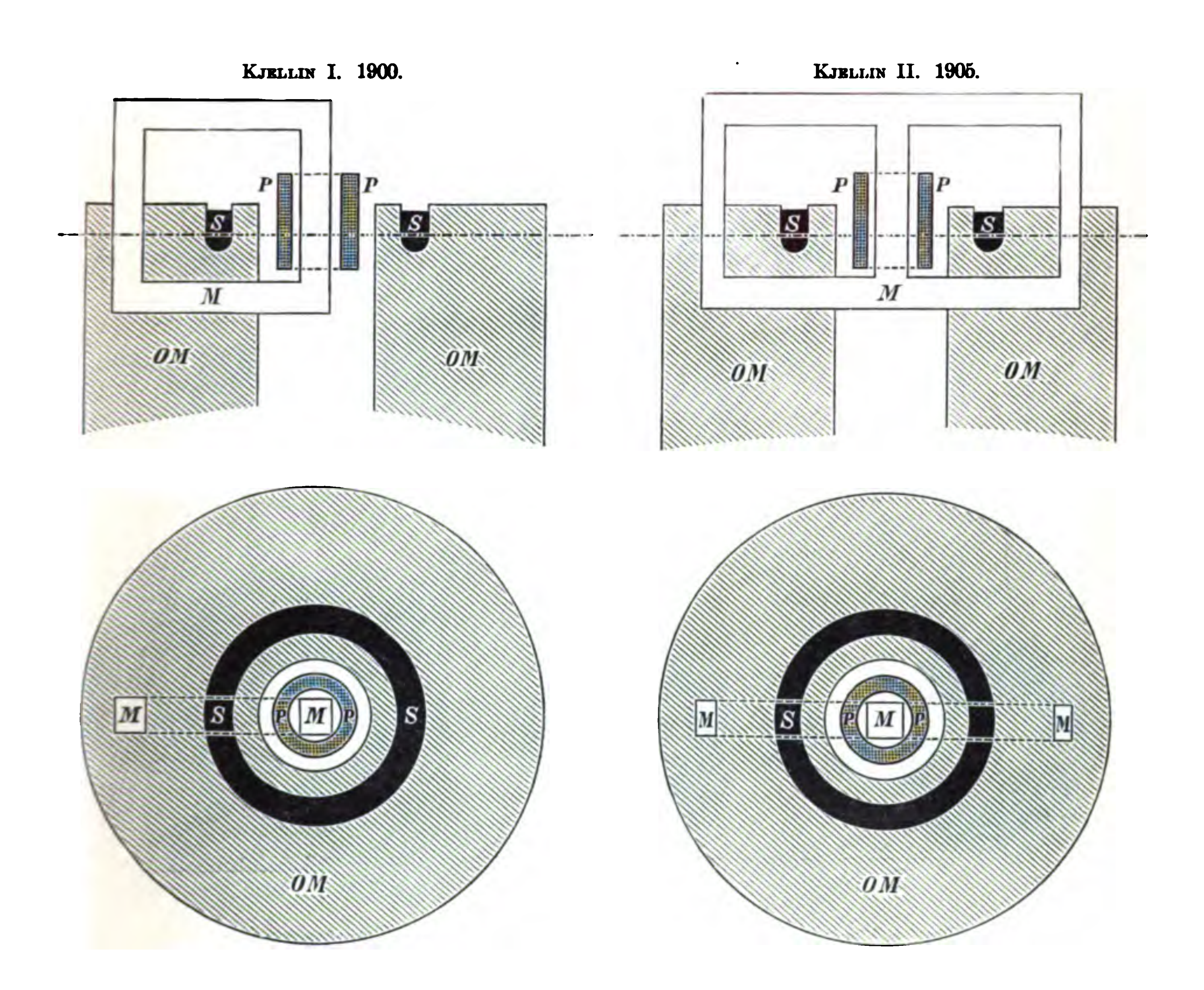
6. Ofen von FRICK 1904. Tafel V. Die flache Primärspule ist oberhalb oder unterhalb der Schmelzrinne angeordnet. Das Magneteisen ist als einfaches Joch ausgebildet. Der Ofen ist ein Kerntransformator.

b) **Der Querschnitt ist an einzelnen Teilen des Schmelzbades verringert**, um den aufsteigenden heißeren Teilen des Schmelzbades eine gewisse Bewegungsrichtung vorzuschreiben zum Zwecke einer besseren Durchmischung.

7. Ofen von SCHNEIDER-CREUZOT 1903. Tafel VI. Von der Hauptmasse des Schmelzbades ist ein halbringförmiger Teil abgezweigt. Dieser wird durch Induktion erhitzt, und soll dieser heiße Teil

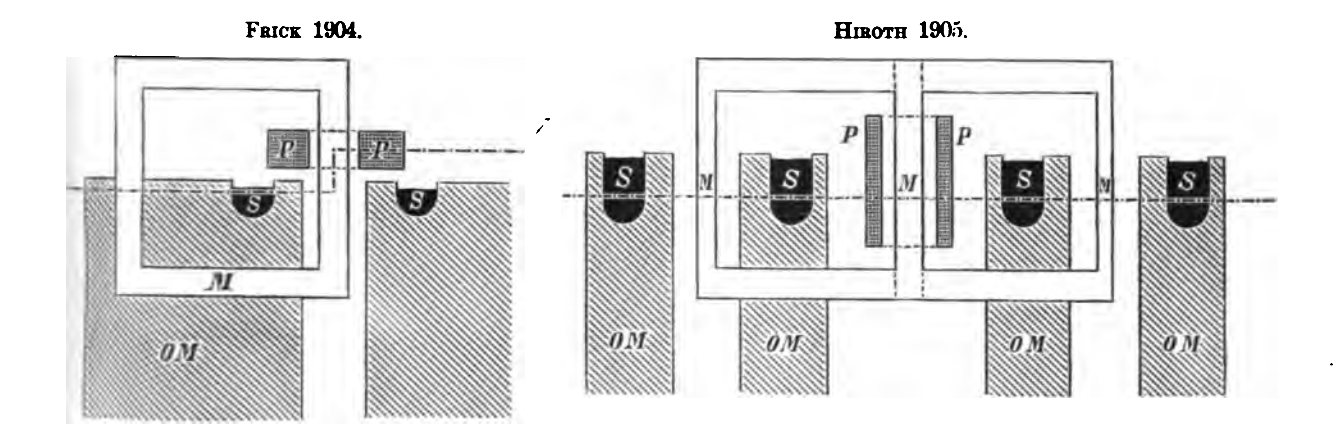


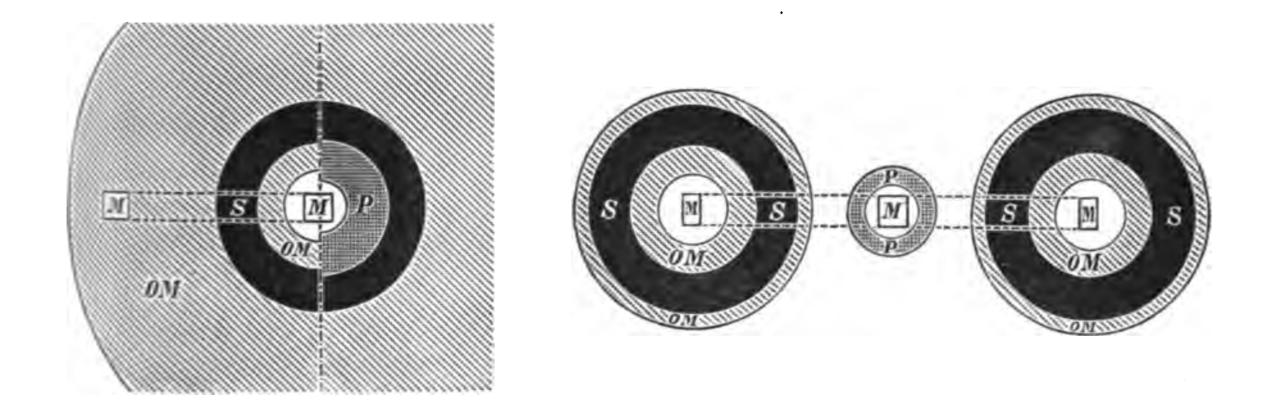
 Verlag von S. Hirzel-Leipzig.



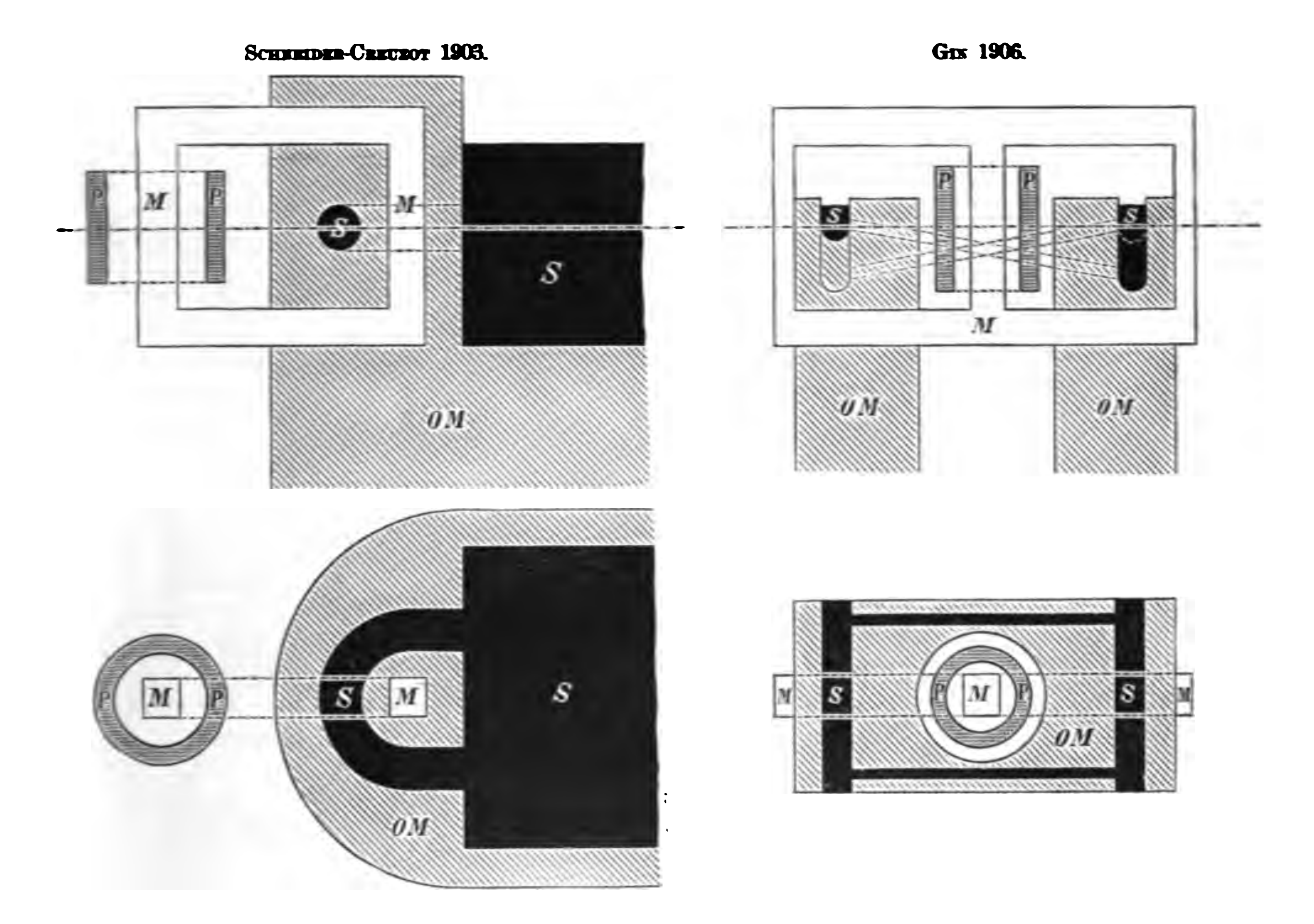
Verlag von S. Hirzel-Leipzig

FRICK 1904. HIROTH 1905.



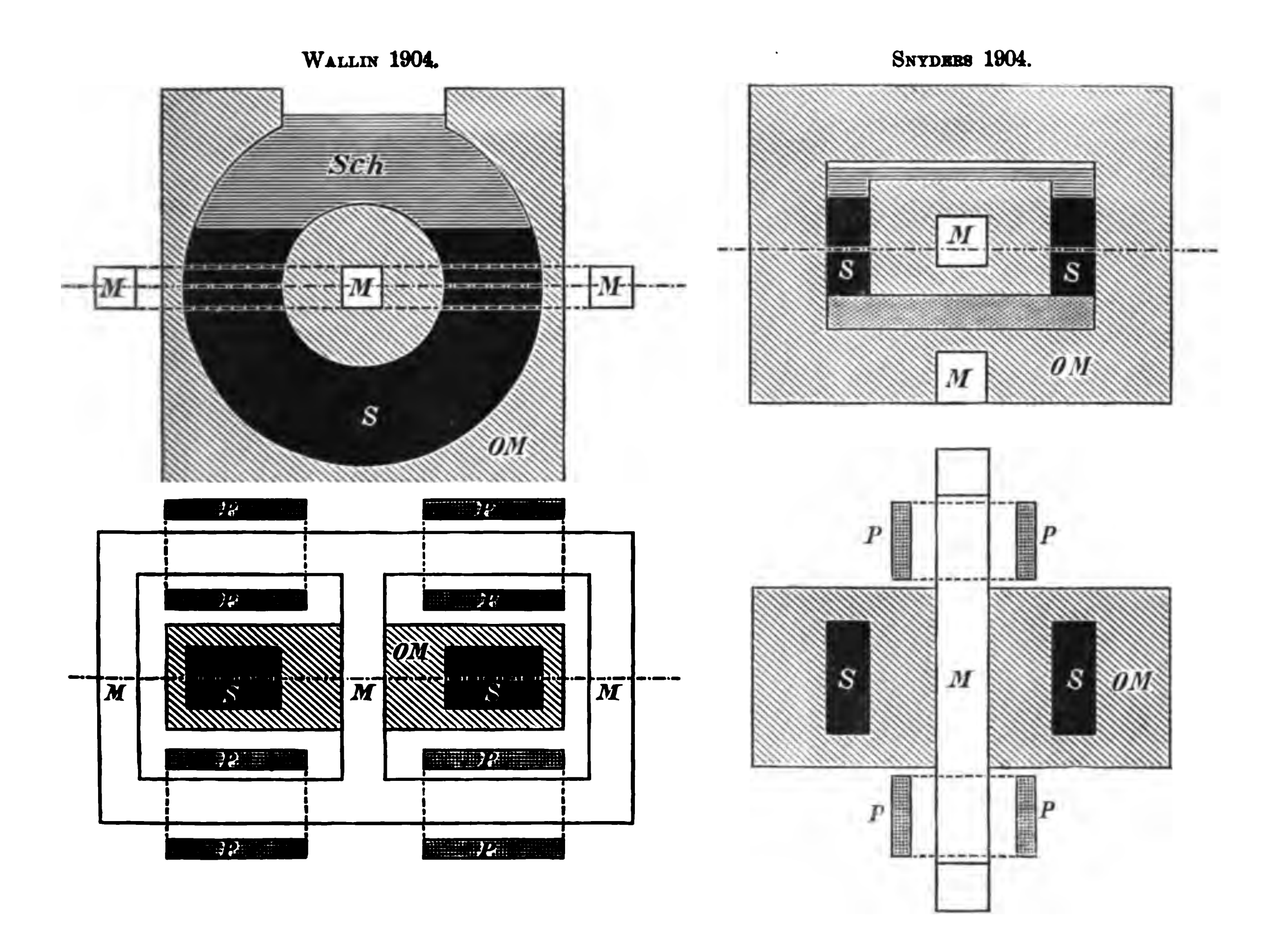


 Verlag von S. Hirzel-Leipzig.



Verlag von S. Hirzel-Leipzig.

WALLIN 1904. SNYDERS 1904.



 Verlag von S. Hirzel-Leipzig.

des Schmelzbades in den Hauptraum kontinuierlich aufsteigen und durch kältere Teile ersetzt werden. Die Primärspule ist exzentrisch zum Schmelzbade angeordnet, der Ofen stellt einen Kerntransformator dar.

8. Ofen von GIN 1906. Tafel VI. Der Schmelzraum besteht aus zwei geraden, breiten Arbeitsräumen, die im Boden nach verschiedenen Seiten geneigt sind. Diese Arbeitsräume sind durch zwei ebenfalls nach verschiedener Richtung geneigte Kanäle verbunden. Der Schmelzraum bildet also eine rechteckige Rinne mit zickzackförmigem Verlauf des Bades. Die Primärspule ist konzentrisch zum Schmelzraum und innerhalb desselben angeordnet wie bei KJELLIN. Der Ofen ist als Manteltransformator ausgebildet.

B. **Metallbad und Schlacke sind im sekundären Stromkreis in Serie geschaltet.** Diese Öfen würden also bei den Induktionsöfen die analoge Gruppe bilden, welche bei den direkten Widerstandsöfen die auf S. 39 beschriebenen Öfen von HÉROULT, GIROD etc. darstellen, Es geht also durch die Schlacke die gleiche Stromstärke wie durch das Metallbad.

9. Ofen von WALLIN 1904. Tafel VII. Der Schmelzraum bildet eine vertikale, kreisförmige Rinne, welche zum größten Teil von geschmolzenem Metall, im obersten Teil von Schlacke ausgefüllt ist. Die Beschickung erfolgt also durch die Schlackenschicht hindurch, welche an den metallurgischen Operationen mitwirken soll.

10. Ofen von SNYDERS 1904. Tafel VII. Das Ofenprinzip ist das gleiche, wie bei dem Ofen von WALLIN, nur ist die sekundäre Rinne nicht rund, sondern viereckig und besteht aus einer unteren horizontalen Schicht von Kupfer, zwei Seitenteilen aus geschmolzenem Eisen und einer oberen horizontalen Schlackenschicht.

Vom rein elektrotechnischen Standpunkte aus ist bei solchen Transformatoröfen vor allem zu beachten, daß bei den verhältnismäßig großen Querschnitten des Bades die Selbstinduktion und die Phasenverschiebung sehr ins Gewicht fallen und mit zunehmender Größe der Beschickung, bzw. zunehmendem Querschnitt des Schmelzbades ebenfalls steigen. Anderseits kann man mit elektrotechnisch verschiedenen Anordnungen wohl theoretisch gleiche Resultate erzielen. Man hat z. B. vom Standpunkte des Elektrotechnikers darauf zu sehen, daß die einander zugekehrten Flächen der primären Wickelung und der Schmelzrinne möglichst nahe aneinander gebracht werden. Von diesem Gesichtspunkte aus ist also z. B. sowohl Scheibenwickelung als Röhrenwickelung gleich gut durchführbar. Bei Röhrenwickelung wird man die Primärspule am besten ins Innere der Schmelzrinne setzen und diese eng und tief machen, bei Scheibenwickelung hingegen wird man die Schmelzrinne möglichst parallel zur Primärspule anordnen und sie seicht und breit bemessen. Leider sind derartige, mehr theoretische Erwägungen für die Konstruktion der in Rede stehenden Transformatoröfen nicht allein maßgebend, da die dem Hüttenmann näher liegenden Erfordernisse eines möglichst einfachen, billigen und sicheren Betriebes mit möglichst geringen Wärmeverlusten mehr ins Gewicht fallen und in erster Linie zu berücksichtigen sind. Um von diesen, den Zielen des Handbuches ferner liegenden Erfordernissen der hüttenmännischen Praxis nur einige herauszugreifen, wollen wir als Beispiel ganz kurz auf die eben angeführte Gegenüberstellung von Röhren- und Scheibenwickelung nochmals eingehen.

Bei der Röhrenwickelung kann man mit Primärspule und Schmelzbad nur so nahe aneinander rücken, als es die Stärke des dazwischen liegenden Mauerwerks zuläßt; diese ist mit Rücksicht auf die Stabilität des Ofens und mit Bezug auf eine Sicherheit gegen Durchbrechen geschmolzenen Materials durch Fugen und Sprünge im Mauerwerk an gewisse Minimalgrenzen gebunden. Dafür hat die Röhrenwickelung den großen Vorteil der leichten Zugänglichkeit der Schmelzrinne beim Chargieren mit Rohmaterial. Wie weit man bei der Röhrenwickelung das Verhältnis zwischen Breite und Tiefe der Schmelzrinne variieren kann, hängt wieder von verschiedenen Umständen ab. Je enger und tiefer die Schmelzrinne ist, desto schwieriger ist das Chargieren mit festem Material, desto größer ist der Druck des flüssigen Materials auf das Futter und desto größer daher die Gefahr eines Durchbrechens des flüssigen Metalles. Die Verluste durch Wärmestrahlung nehmen mit dem Vertiefen der Schmelzrinne ab, die durch Wärmeleitung zu.

Bei der Scheibenwickelung hingegen kann man, wenn die Primärspule über dem Schmelzbad angeordnet ist, mit den Flächen nahe aneinander rücken. Will man aber diesen Vorteil voll ausnützen, so kommt man zu ganz unmöglichen Verhältnissen bezüglich eines leichten Chargierens, abgesehen davon, daß die Schmelzrinne seicht und breit werden muß, was wieder die Wärmeverluste sowohl durch Strahlung als durch Leitung vermehrt. Ordnet man wieder die Primärspule bei Scheibenwickelung unterhalb der Schmelzrinne an, so muß man ebenfalls, wenn man die elektrotechnischen Verhältnisse möglichst günstig wählen will, eine breite und seichte Rinne, also Wärmeverluste in den Kauf nehmen und ist man andererseits an gewisse Wandstärken im Futter gebunden, ganz abgesehen davon, daß in diesem Falle ein Durchbrechen von flüssigem Material die Primärspule in höherem Maße gefährdet.

Aus diesen kurzen Andeutungen kann man schon entnehmen, daß in den einzelnen Fällen Kompromisse zwischen den maßgebenden Faktoren rein elektrotechnischer, metallurgischer und maschineller Richtung getroffen werden müssen, um die für den Gesamtbetrieb günstigsten Bedingungen zu erzielen. Die Verhältnisse komplizieren sich noch durch die in vielen Fällen vorhandene Notwendigkeit, die Öfen als Ganzes kippbar ausgestalten zu müssen, durch spezielle Anordnungen für die Kühlung der Kerne und der Primärspulen oder sonstige, aus den vorliegenden lokalen Verhältnissen sich ergebende Umstände.

Die Spannung an der Primärspule kann natürlich in weiten Grenzen schwanken. Man wird sie aber in der Regel unter Berücksichtigung einer entsprechenden Betriebssicherheit möglichst hoch wählen, um ihr sowohl aus ökonomischen als rein technischen Gründen keine zu großen Abmessungen zu geben.

Von einer endgültigen Einführung der Induktionsöfen in die Stahl- und Eisenindustrie kann man bisher nur bei den KJELLINschen Öfen und jenen von RÖCHLING-RODENHAUSER sprechen, welche in einer Reihe von Anlagen in Deutschland, England, der Schweiz, Schweden, Österreich, Spanien, Belgien, Italien etc. teils im Betrieb, teils im Bau sind.

Die ersten Versuche mit diesem System wurden von KJELLIN im Jahre 1900 in Gysinge durchgeführt, wo die Gysinge Aktiebolaget früher einen alten Holzkohlenhochofen und eine Wallonschmiede betrieb und an diese ein Elektrostahlwerk angliederte. Diese Anlage wird heute noch für die Herstellung von Qualitätsstahl von der Metallurgiska Aktiebolaget in Stockholm betrieben.

Die ursprüngliche Form des KJELLIN-Ofen ist in den Figuren 56 und 57 dargestellt.[1]) Die Sekundärwickelung des Ofentransformators besteht aus der kreisförmigen Rinne A, welche den Schmelzraum des Ofens bildet. Dieser

Fig. 56.

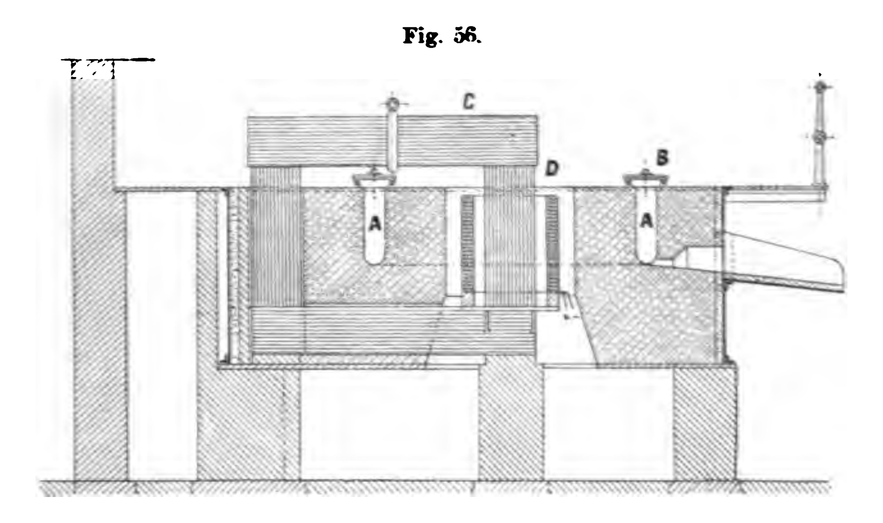
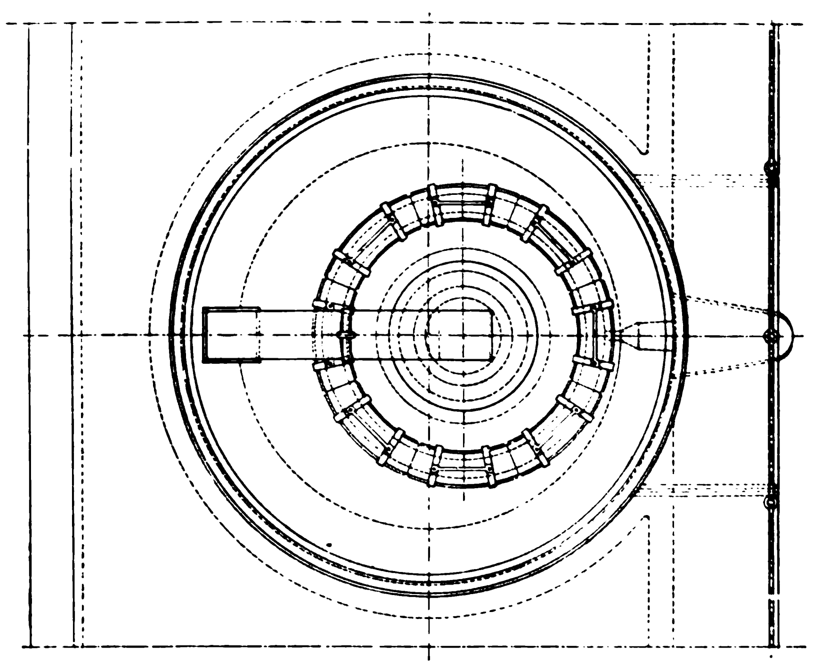


Fig. 57.



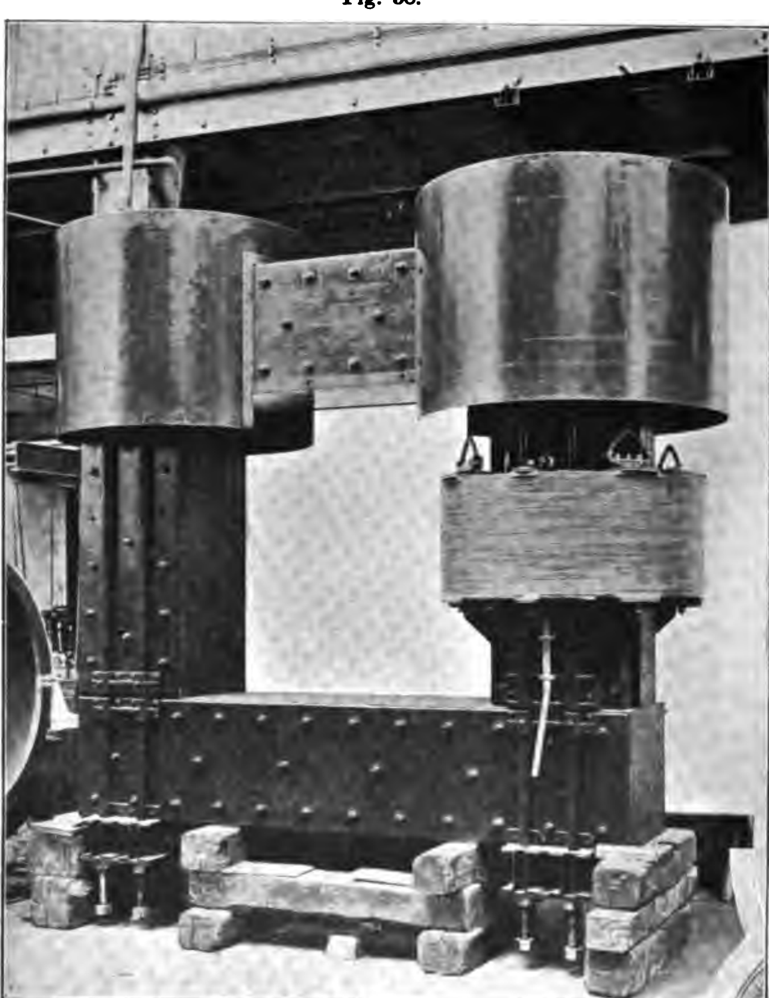
KJELLINscher Induktionsofen, ursprüngliche Ausführung.

wird durch die Deckel B, welche die Form von Ringsektoren aus feuerfesten Ziegeln mit Flacheisenarmatur haben, abgedeckt. C ist der aus weichen Eisenblechen mit Papierisolation zusammengesetzte Kern, D die primäre

1) ENGELHARDT, Das Kjellinsche Verfahren zur elektrischen Erzeugung von Stahl. Stahl und Eisen 1905, Nr. 3, 4, 5.

Spule aus isoliertem Kupferdraht. Der dargestellte Ofen ist für eine Kraftaufnahme von circa 170 KW bestimmt und wird mit einphasigem Wechselstrom von 3000 Volt und 15 Perioden betrieben. Der $\cos\varphi$ schwankt zwischen 0·8 bis 0·68 je nach dem Einsatzgewicht, bzw. dem Schmelzquerschnitt. Der Kern und die Spule werden sowohl durch Preßwind als durch einen zwischen Primärspule und Ofenmauerwerk angebrachten induktionsfreien Mantel aus Messingblech für Wasserkühlung gekühlt.

Fig. 58.



Transformatoreisen samt Primärspule und Staubkappen für 1000 pferdige KJELLIN-Ofen.

Fig. 58 zeigt ein von der SIEMENS & HALSKE A.-G. geliefertes und von den SIEMENS-SCHUCKERT-Werken gebautes Transformatoreisen samt Primärspule und Staubkappen für einen 1000 pferdigen Ofen. Das Gewicht beträgt einschließlich Primärspule ca. 40 Tonnen, das Maß von Jochmitte zu Jochmitte 2500 mm. Die Primärspule ist für eine Spannung von 4800 Volt bei 5 Perioden und 736 KW bei $\cos\varphi$ bis 0·63 herunter dimensioniert.

Bei der ursprünglichen Gysinger Ausführungsform ist der Ofen auf entsprechende Stützmauern gelagert und oben zu einer Art Bühne mit Geländer

für Chargieren, Probenahme etc. ausgebildet. Die Entleerung des Ofens erfolgt durch ein vorderes Abstichloch.

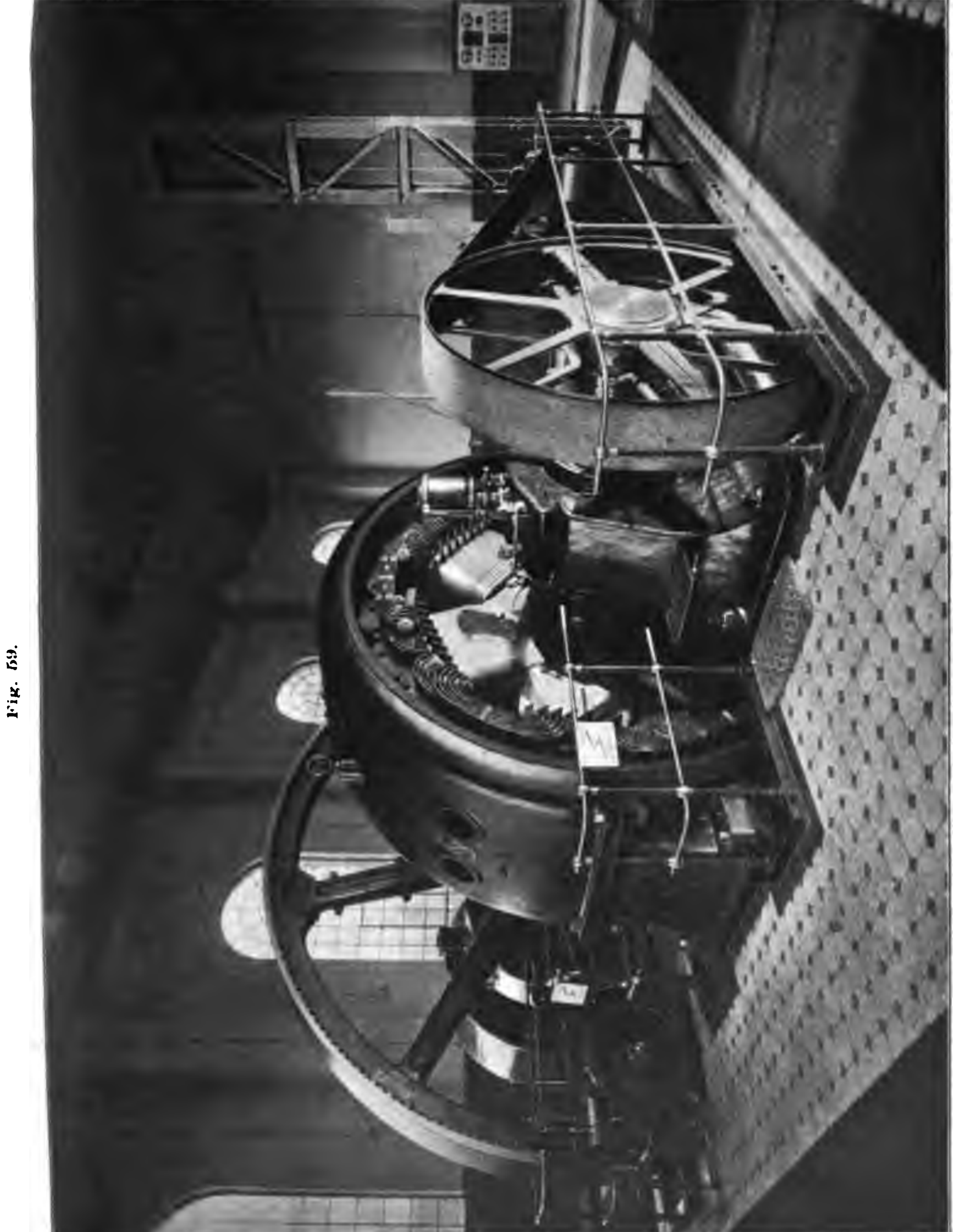


Fig. 59.

Wechselstromgenerator für Elektrostahlanlagen, System Kjellin 1188 KVA, 4800 Volt, 5 Perioden.

Wie schon erwähnt, steigt bei den Induktionsöfen mit zunehmendem Badquerschnitt, bzw. Einsatzgewicht die Selbstinduktion und die Phasenverschiebung. Diesen beiden Umständen arbeitet Kjellin durch Verminderung der Periodenzahl entgegen. Beispielsweise arbeitet der erwähnte 170 Kilowattofen in Gysinge mit 15 Perioden, ein in der Schweiz betriebener Ofen

für 450 KW mit 11 Perioden, ein in Deutschland aufgestellter Ofen für 736 KW mit 5 Perioden. Die Fig. 59 zeigt einen Generator für einphasigen

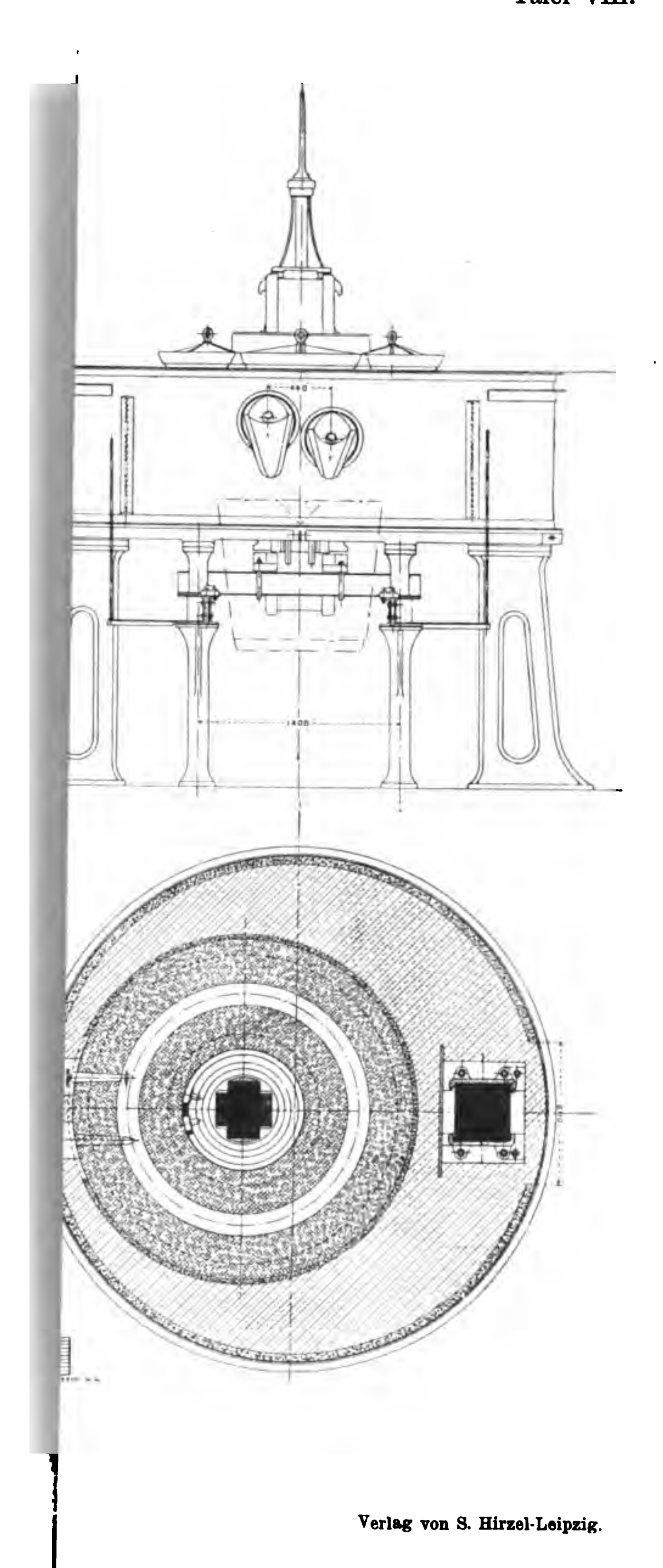


Fig. 60.

1000 pferdiger KJELLIN-Ofen mit Drehkrahn für die Ofendeckel.

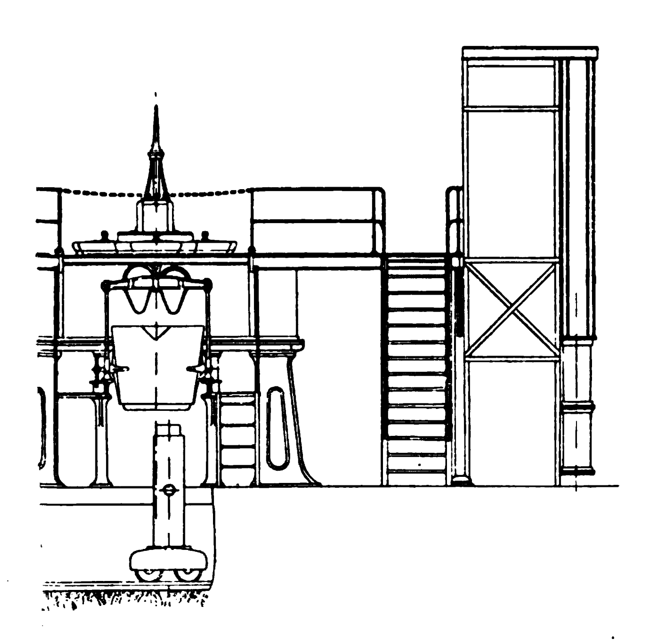
Wechselstrom, der von den SIEMENS-SCHUCKERT-Werken für eine von der SIEMENS & HALSKE A.-G. gelieferte 1000 pferdige KJELLINsche Elektrostahlanlage gebaut wurde.

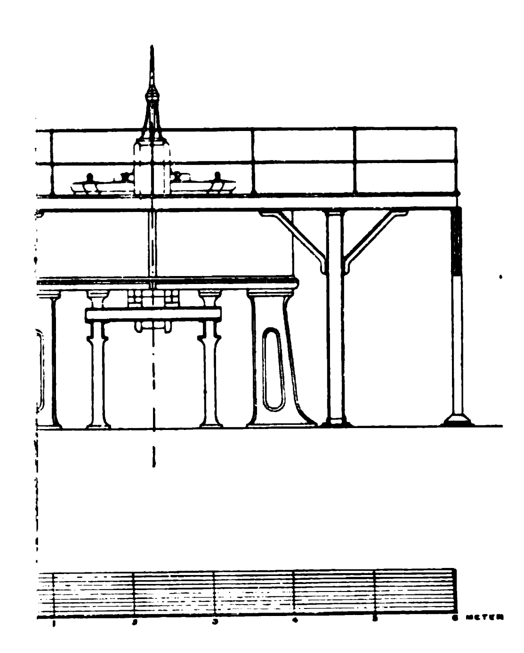
Der Generator ist für eine Leistung von 1188 K.V.A. bei cos $\varphi = 1 - 0{\cdot}63$ und 4800 Volt bei 5 Perioden gebaut. Die Erregermaschine mit einer Leistung



Verlag von S. Hirzel-Leipzig.

Tafel IX.





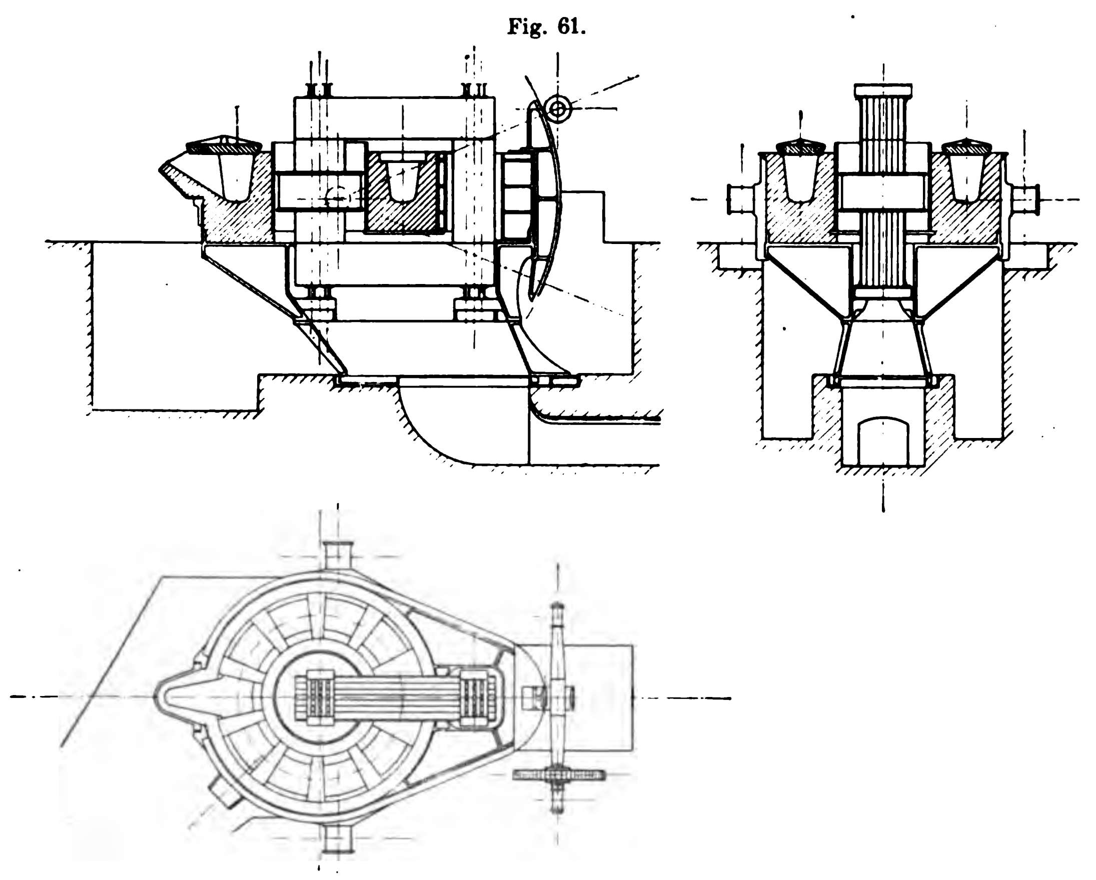
1 2 3 4 5 6 METER

Verlag von S. Hirzel-Leipzig.

von 35 KW wird mittels Riemen von der Dynamowelle ab angetrieben. Diese Antriebsart der Erregermaschine wurde in diesem Falle deshalb gewählt, um später an die Dynamowelle eine Gasmaschine als Reserve ankuppeln zu können.

In den Tafeln VIII und IX ist eine neuere Anordnung eines feststehenden KJELLIN-Ofens für 175 KW dargestellt, bei welcher das Mauerwerk durch

Fig. 61.



Kippbarer KJELLIN-Ofen für elektrischen Antrieb.

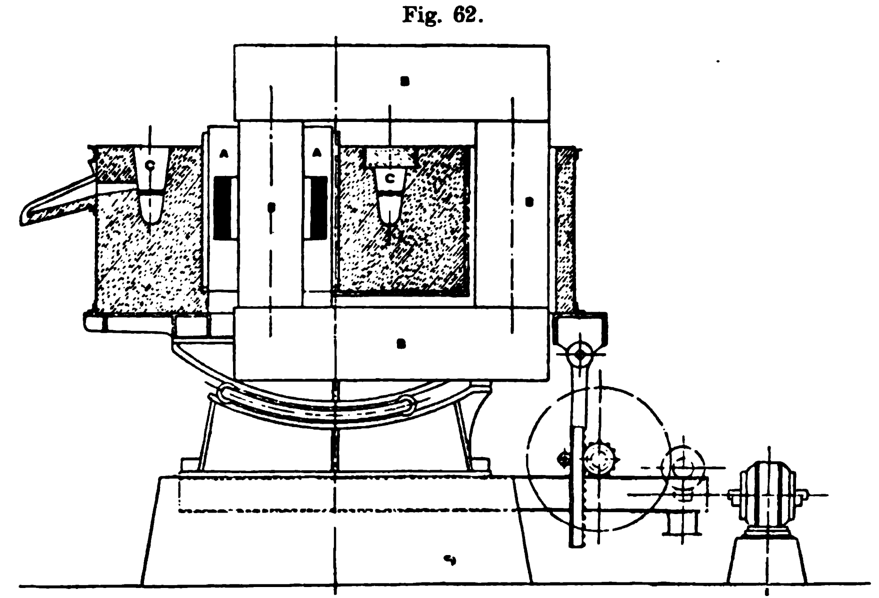
eine entsprechende Eisenkonstruktion ersetzt ist. Tafel VIII zeigt den Ofen allein, samt Gießpfanne. Tafel IX die Gesamtanordnung mit Bedienungsplateau, Materialaufzug, Bedienungstreppe und Gießgrube. Gegenüber dem ursprünglichen, in den Figuren 56 und 57 dargestellten KJELLIN-Ofen zeigt diese Neuanordnung, abgesehen von der eisernen Tragkonstruktion, die Verwendung zweier Abstichlöcher in verschiedener Höhe, von denen das eine obere bei kontinuierlichem Betrieb nur zum teilweisen, das untere zum vollständigen Entleeren des Ofens dient, wenn z. B. das Futter neu zugestellt werden soll.

Die Zusammensetzung des Futters richtet sich je nach dem Material, welches verarbeitet werden soll. Geradeso wie im Martinofen oder im Konverter kann auch im Induktionsofen entweder saures oder basisches Ausfütterungsmaterial genommen werden. In der Regel besteht das Futter aus einem gemauerten Teil aus feuerfesten Ziegeln und einem gestampften Teil,

in welchem durch Verwendung entsprechender Stampfschablonen die Schmelzrinne ausgespart wird.

Bei den für deutsche Verhältnisse in den überwiegenden Fällen in Frage kommenden basischen Zustellungen wird in der Regel Sintermagnesit verwendet, der durch gebrannte Magnesia, Ton oder sonstige Zusätze zu einer plastischen, stampfbaren Masse geformt wird. Vor der Inbetriebsetzung muß das Futter durch Einlegen von Eisenringen, die ebenfalls durch Induktion erhitzt werden, ausgetrocknet werden. Bei dem älteren Gysingeofen hatte die Schmelzrinne, wie aus Figur 56 ersichtlich ist, parallele Wände mit abgerundetem Boden, während bei den neueren Anordnungen, wie aus Tafel VIII zu ersehen ist, der Querschnitt der Rinne sich nach oben erweitert, wodurch das Chargieren und das Ausbessern der Seitenwände während des Betriebes

Fig. 62.



Kippbarer Kjellin-Ofen für elektrischen Antrieb.

erleichtert wird. Die Chargierdeckel werden bei dem ursprünglichen Ofen in Gysinge von Hand bedient. Bei neueren Öfen verwendet man entweder, wie aus Tafel VIII ersichtlich ist, Hebestangen, die mittels Kette gegen einen am Magneteisen befestigten, drehbaren Ausleger gestützt werden, oder bei ganz großen Öfen einen aufgesetzten Drehkrahn, wie ein solcher aus Fig. 60 ersichtlich ist.

Kleinere Öfen und speziell solche, welche mit längerer Chargendauer arbeiten und bei denen keine größeren Schlackenmengen während des Betriebes erzeugt werden, können feststehend gebaut werden, wie der in den Tafeln VIII und IX dargestellte Typ.

Handelt es sich dagegen um größere Einsatzgewichte, kurze Chargendauer oder größere Schlackenmengen, soll der Ofen also rasch abgegossen oder ganz entleert werden, so werden die Öfen kippbar eingerichtet. Der Kippantrieb kann natürlich beliebig sein, sowohl rein mechanisch, als elektrisch oder hydraulisch.

In den Figuren 61 und 62 sind schematisch zwei Anordnungen für elektrischen Antrieb wiedergegeben.

Eine Ansicht der Kippvorrichtung des in der Figur 61 schematisch dargestellten 1000 pferdigen Ofens zeigt Fig. 63. Von den beiden Drehstrom-

Fig. 63.



1000 pferdiger KJELLIN-Ofen mit Kippvorrichtung in gekippter Lage.

motoren dient einer als Reserve. Jeder Motor leistet ca. 18 effektive PS. bei 50 Perioden und 400 Volt. Die Motoren sind vollständig gekapselte Drehstrommotoren mit Schleifringanker. Als Sicherheitsvorrichtungen sind Hubbegrenzungsschalter und Bremsmagnete eingebaut. Der Kontroller für den Kippmotor ist in dem Schalterhäuschen der Ofenschaltanlage eingebaut

und wird mittels Seilzügen von der Schaltsäule, welche auf der Plattform steht, betätigt. Das Gesamtgewicht des Ofens einschließlich Ofenarmatur,



Fig. 64.

Kippbarer Kjellin-Ofen für 450 KW. Draufsicht.

Ofenfutter und elektrischen Teil beträgt 120 Tonnen bei einem Chargengewicht von 8500 kg.

Bei der zweiten in Fig. 62 schematisch dargestellten Kippvorrichtung erfolgt das Kippen des Ofens durch Elektromotor, Zahnrad mit Stange und Kugellagerung.

Auch bei den kippbaren Öfen ist in der Regel, um gegen plötzliches

Versagen der Kippvorrichtung geschützt zu sein, eine Entleerung durch Abstich vorgesehen. So kann man z. B. aus den in Fig. 64 und 65 wiedergegebenen Ansichten eines kippbaren KJELLIN-Ofens für 450 KW sowohl

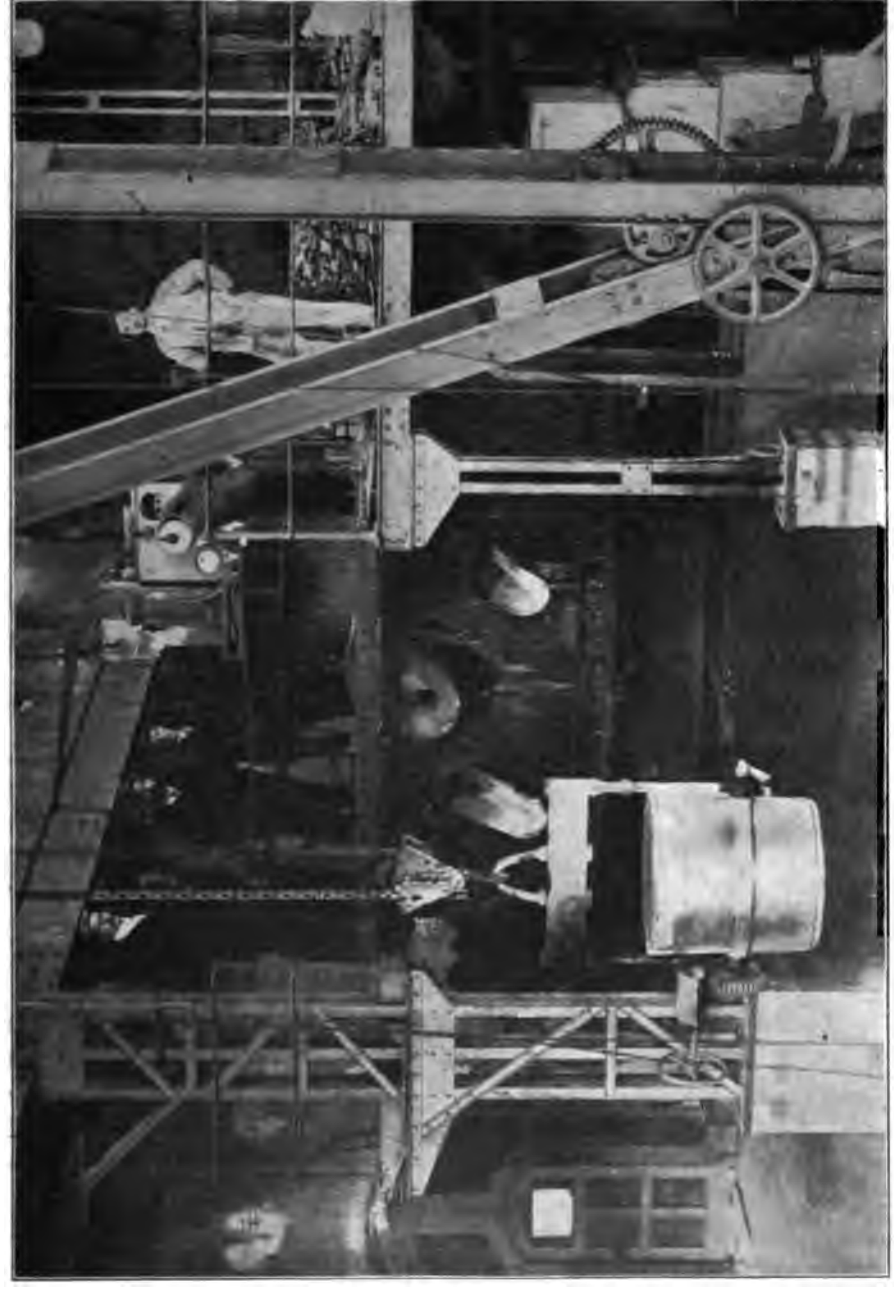


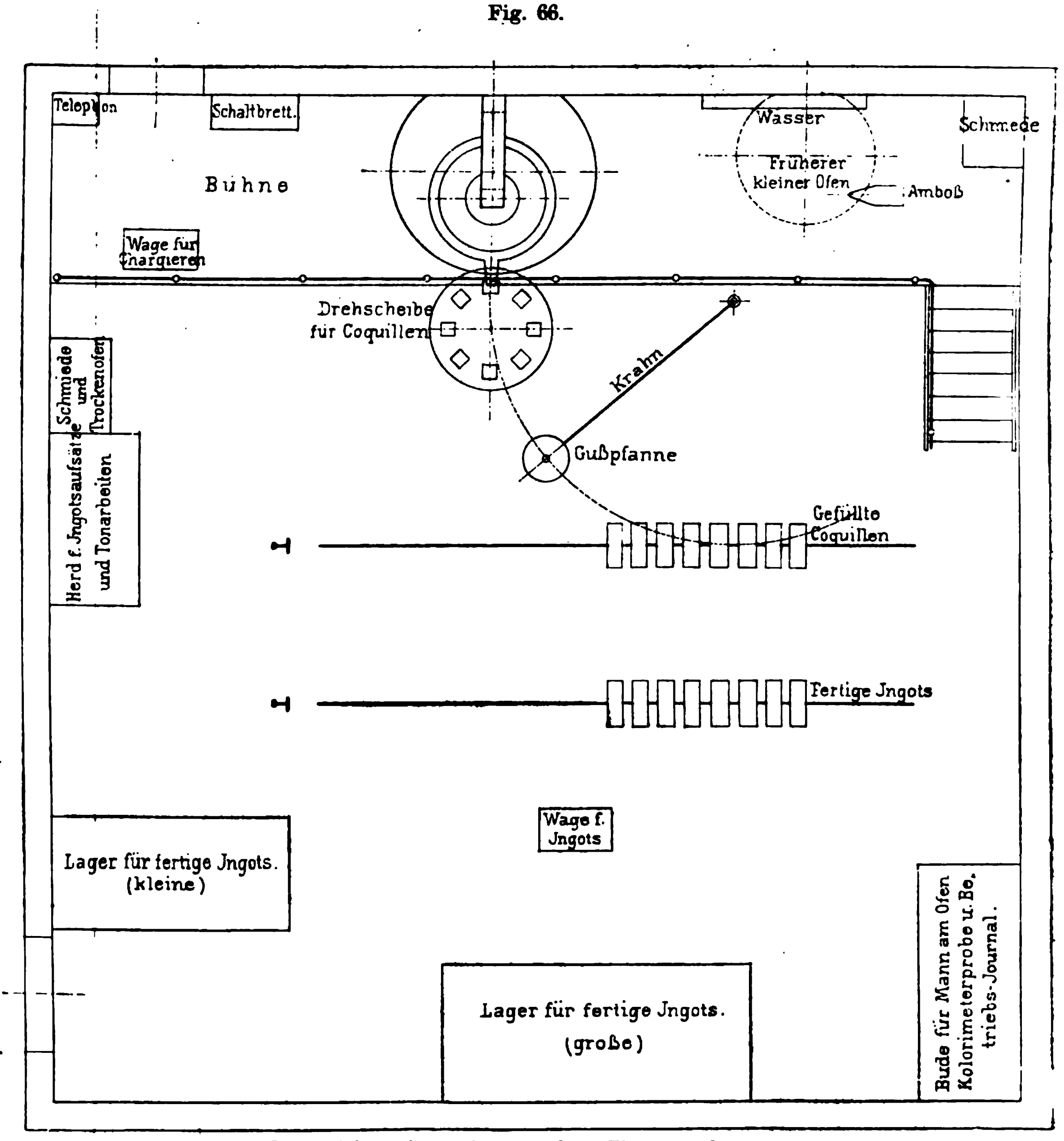
Fig. 65. Kippbarer KJELLIN-Ofen für 450 KW. Vorderansicht.

die Gießschnauze für Kippbetrieb als die beiden verschieden hohen Abstichöffnungen, die obere für teilweises, die untere für vollständiges Entleeren der Schmelzrinne ersehen.

In Fig. 66 ist im Grundriß die allgemeine Disposition der Elektrostahl-

anlage in Gysinge wiedergegeben. Die örtliche Disposition ändert sich natürlich sehr nach der Betriebsart, dem verwendeten Rohmaterial etc. Die dargestellte Anlage verarbeitet nur kaltes Rohmaterial (schwedisches Roheisen und

Fig. 66.



Disposition einer Kjellinschen Elektrostalanlage.

Schrott) in einem feststehenden Ofen auf Stahlblöcke. Der Ofen wird also im normalen Betrieb nie ganz entleert, sondern nur ein Teil abgestochen und neues Rohmaterial nachchargiert.

Hüttenmännisch kann man die Induktionsöfen am besten mit einem elektrisch geheizten Tiegel vergleichen, der aber derartige Dimensionen hat, daß man die Vorzüge des im gewöhnlichen Tiegelofen nur im kleinen durchführbaren Tiegelschmelzens mit Operationen der Eisenhüttentechnik kom-

binieren kann, die man wegen der großen, zu bewältigenden Chargengewichte nur im Siemens-Martinofen oder im Konverter durchführen kann. Man kann also auch im Induktionsofen die verschiedensten Varianten der Stahldarstellung durchführen, wie das Schrottverfahren, also das Zusammenschmelzen von reinem Roheisen und Schrott unter gleichzeitiger Herabsetzung des Kohlenstoffgehaltes durch einfache Verdünnung; das Frischen von Roheisen mit Erz; das Fertigraffinieren von im Martinofen oder im Konverter vorraffiniertem Material usw.

Als Beispiele für den Arbeitsgang am KJELLINschen Ofen seien nachstehend zwei Chargen vom Gysinger Ofen mit verschiedener Arbeitsweise wiedergegeben:[1])

a) Charge von Roheisen, Schrott und Erz (Briketts).

Chargendauer: 6 1/2 Stunden
Einsatz: 661 kg weißes Roheisen
200 „ Stahlschrott
100 „ Briketts
8 „ 50%iges Ferrosilizium
7 „ 80 „ „ Ferromangan
0·03 „ Aluminium.

b) Charge von Roheisen und Schrott.

Chargendauer: 5 Stunden
Einsatz: 415 kg weißes Roheisen
623 „ Stahlschrott

Tabelle XX.

Zeit	Strom		Bemerkungen
	KW	KW-Stunden	
5 30	125	—	2/3 Roheisen eingesetzt
6 00	145	67·50	—
6 30	160	76·25	—
7 00	170	82·50	Das letzte Drittel Roheisen und den Schrott zugesetzt
7 30	170	85·00	—
8 00	165	83·75	Gut flüssig
8 30	165	82·50	Briketts zugesetzt
9 00	165	82·50	—
9 30	165	82·50	Briketts zugesetzt
10 00	165	82·50	—
10 30	165	82·50	Briketts zugesetzt
11 00	165	82·50	—
11 30	165	82·50	—
12 00	130	73·75	Ferrosilizium- und Ferromanganzusatz. Abgestochen
6 1/2 St.	—	1046·25	

1) IBBOTSON, Der elektrische Stahlschmelzofen von Kjellin. Metallurgie 1906. III. Heft 15.

2 „ 50%iges Ferrosilizium
3 „ 80 „ „ Ferromangan
0·03 „ Aluminium.

Tabelle XXI.

Zeit	Strom		Bemerkungen
	KW	KW-Stunden	
7 00	125	—	Sämtliches Roheisen und Hälfte Schrott
7 30	145	67·50	—
8 00	155	75·00	—
8 30	160	78·75	Zweite Hälfte Schrott
9 00	165	81·25	—
9 30	170	83·75	—
10 00	165	83·75	Gut flüssig
10 30	165	82·50	—
11 00	165	82·50	—
11 30	165	82·50	—
12 00	135	75·50	Ferrosilizium- und Ferromanganzusatz. Abgestochen
5 St.	—	793·00	

Die wichtigsten Rohmaterialien und der erschmolzene Stahl hatten die nachstehende Zusammensetzung.

Tabelle XXII.

	Weißes Roheisen von Herräng	Briketts	Stahlblöcke
Gesamtkohlenstoff	4·00 %	50·00 %	0·40—2·00 %
Silicium	0·15 „	—	0·12 %
Kieselsäure	—	11·00 „	—
Mangan	0·18 „	nicht bestimmt	0·34 „
Schwefel	0·010 „	0·010 %	0·012 „
Phosphor	0·012 „	0·006 „	0·014 „
Kalk	—	2·50 „	—
Tonerde	—	0·50 „	—
Eisen	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht bestimmt

Das Futter war basisch und bestand aus Magnesit. Es hielt mit Brikettzusatz im Durchschnitt fünf, ohne diesen im Durchschnitt 7 Wochen.

Bezüglich sonstiger metallurgischer Angaben sowie der chemischen und mechanischen Eigenschaften von im Kjellin-Ofen erzeugtem Stahl sei auf die neueren Veröffentlichungen von Engelhardt,[1] Härdén [2]) und Röchling [3]) verwiesen.

1) Engelhardt, Das Kjellinsche Verfahren zur elektrischen Erzeugung von Stahl. Stahl und Eisen, 1905, Nr. 3, 4, 5.

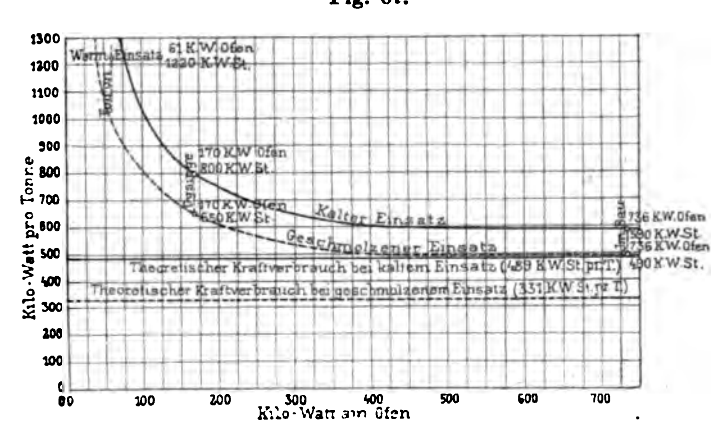
2) Härdén, Steel Making in Electric Induction Furnaces. Sheffield Society of Engineers and Metallurgists 1906.

3) Röchling, Über die Fortschritte in der Elekrostahl-Darstellung. Stahl und Eisen 1907, Nr. 3.

Der Kraftverbrauch im Induktionsofen pro Tonne Fertigprodukt hängt natürlich in erster Linie von der Größe des Ofens ab, da mit zunehmender Ofengröße die Verluste an Wärme durch Leitung und Strahlung abnehmen. Ferner hängt natürlich der Kraftverbrauch enge mit der Art des durchgeführten Verfahrens zusammen, da es nicht gleichgültig ist, ob der Ofen etwa vorgeschmolzene Rohmaterialien einfach eine Zeitlang auf einer bestimmten Temperatur erhalten oder kalt eingesetzte Rohmaterialien bis zur Schmelztemperatur erhitzen und auch noch die Schmelzwärme liefern soll oder endlich, wie beim Frischen, auch nichtmetallische Zusätze noch auf Reaktionstemperatur bringen und eventuell erforderliche Reaktionswärme liefern soll.

Die Schaulinien in Fig. 67 geben ein annäherndes Bild über die Abnahme des Stromverbrauches mit zunehmender Ofengröße. Die Kurven

Fig. 67.



beziehen sich auf das Zusammenschmelzen von reinem Roheisen und Schrott und zwar einmal für geschmolzenes und einmal für kaltes Roheisen.

Beim Frischen mit Erz ist der Kraftverbrauch natürlich größer und beträgt z. B. bei dem 170 KW-Ofen in Gysinge ca. 1200 KW^{h} pro Tonne Stahl.

Bei Verwendung von unreinem Rohmaterial, in welchem Falle nicht wie in Gysinge gearbeitet werden kann, sondern vollständig heruntergefrischt und dann rückgekohlt werden muß, benötigte Röchling (l. c.) im kleinen Ofen von 300 kg Einsatz ca. 600 KW^{h} auf die Tonne. Hierzu muß allerdings bemerkt werden, daß sich diese Zahlen nicht auf einen reinen, sondern einen kombinierten Induktionsofen beziehen. Der Kraftverbrauch sinkt noch weiter, wenn man im Ofen das geschmolzene Material nur kurze Zeit auf bestimmte Temperatur erhitzen will, also z. B. Operationen durchführen will, die dem Abstehen im Tiegel analog wären.

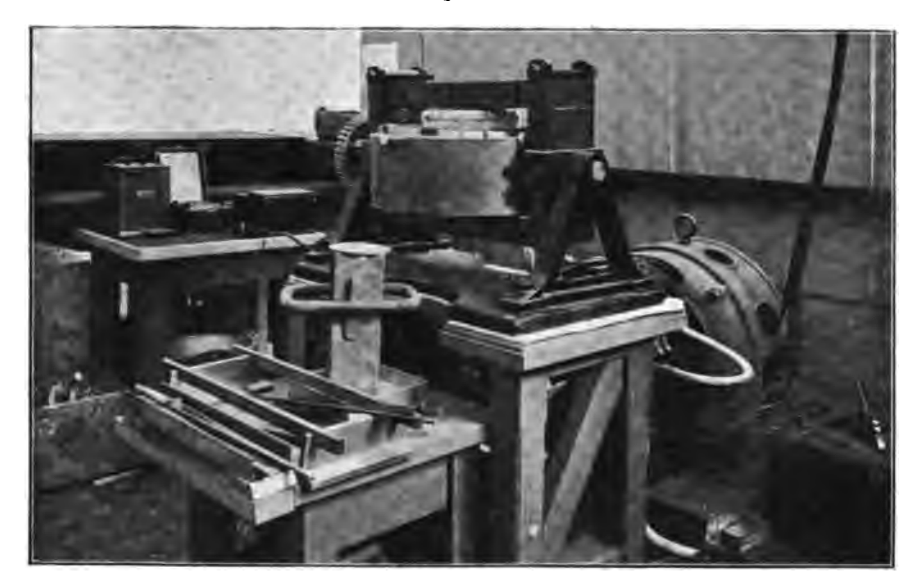
Kjellinsche Induktionsöfen für Zwecke der Industrie sind bisher von 60 bis 736 KW mit Einsatzgewichten von einigen Hundert bis über 8000 kg gebaut worden. Bei kleineren Öfen steigt der Kraftverbrauch so stark, daß sie für praktische Zwecke kaum in Frage kommen. Das schließt natürlich nicht aus, daß man kleinere Öfen für spezielle Versuchszwecke bauen kann. So stellt z. B. Fig. 68 einen solchen Laboratoriumsofen von 15 KW dar, der von der Gröndal-Kjellin-Co. gebaut und in Sheffield ausgestellt wurde.

Von den übrigen, in der Übersicht über die Induktionsöfen angeführten Systemen ist ein Teil noch in der Erprobung begriffen. So sollen z. B.

Fricksche Öfen in Deutschland und England, die von Hiorth und Wallin in Schweden, von Gin in Frankreich und von Colby in Amerika in Probe-



Fig. 68.



Induktionsofen für Laboratoriumszwecke der Gröndal-Kjellin-Co. Kraftverbrauch 15 KW.

anlagen im Bau sein. Über auch nur versuchsweise Ausführungen der Öfen von Ferranti, Schneider-Creuzot und Snyders ist dem Verfasser nichts bekannt geworden.

---

2. Die zu erhitzende Substanz befindet sich mit einem elektrisch geheizten Widerstand in Berührung.

A. Der Widerstand besteht aus einem zusammenhängenden Leiter.

a) Heiz- und Kochvorrichtungen und sonstige häusliche und gewerbliche Anwendungen.

Wenn auch die beiden Hauptgruppen der in diesem Kapitel zur Sprache kommenden Anwendungen der Widerstandserhitzung, das elektrische Kochen, also die Erhitzung flüssiger Körper, einerseits und die elektrische Heizung des Raumes andererseits verschiedene Ziele darstellen, so lassen sie sich doch nicht ganz getrennt behandeln, da in den meisten Fällen die gleichen Konstruktionsprinzipien sich für beide Zwecke anwenden lassen.

Die Verwendung elektrischer Energie für Heiz- und Kochzwecke ist verhältnismäßig jüngeren Datums, und selbst heute, wo bei der immer zunehmenden Verwendung des elektrischen Lichtes die Zentralen in den meisten Fällen zu ununterbrochenem Betrieb übergegangen und dadurch gezwungen sind, Verwendungen für den Tagesstrom zu ermäßigten Preisen zu suchen, kann man noch nicht von einer umfangreicheren oder gar allgemeinen Ein-

führung des elektrischen Heizens und Kochens sprechen. Beide Verwendungsarten bieten bei den meistens noch herrschenden Strompreisen nur demjenigen die Möglichkeit der Anwendung, der sich nicht scheut, die gegenüber Kohlen- und Gasheizung gewiß nicht abzuleugnenden Vorteile und Annehmlichkeiten in bezug auf größere Reinlichkeit, stete Betriebsbereitschaft, hygienische Überlegenheit usw. durch erhöhte Betriebskosten zu bezahlen. Damit soll natürlich nicht gesagt werden, daß bei niederen Strompreisen sich nicht auch ökonomisch in jeder Beziehung zufriedenstellendere Verhältnisse ergeben können.

Die Verwendung der elektrischen Erhitzung für Koch- und Heizzwecke ist auf ihre ersten Anfänge wohl kaum zurück zu verfolgen. Mit der fortschreitenden Einführung der elektrischen Glühlichtbeleuchtung sind gewiß einzelne Fälle der Verwendung von Glühlampen für Heizzwecke Hand in Hand gegangen. Wie oft hat z. B. der Verfasser im Laboratorium Glühlampen gesehen, die bis in die Nähe der Fassung in Flüssigkeiten eingetaucht wurden, um diese auf bestimmte Temperaturen zu bringen oder zu erhalten.

Auch die Vorführungen auf den elektrischen Ausstellungen in München 1882 und Wien 1883, bei welchen Wasser durch Heizspiralen aus Platindraht, die entweder direkt in das Gefäß oder um dieses herumgelegt waren, zum Sieden gebracht wurden, kann man nur als Demonstrationsversuche bezeichnen.

In Deutschland wurden erst 1883 bis 1885 die ersten elektrischen Sieder, Lötkolben und Öfen für Raumbeheizung von Otto Schulze in Straßburg fabrikationsmäßig hergestellt. Von diesem Zeitpunkte an wurde dem Gegenstand von verschiedener Seite erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt, so daß z. B. schon 1893 auf der Chicagoer Ausstellung das Gebiet eine nicht zu unterschätzende Vertretung und Beachtung fand. Heute haben wir schon eine ganze Reihe mehr oder weniger scharf abgetrennter und zu einem hohen Grad der Vollkommenheit gebrachter Systeme zur Verfügung.

Eine Gliederung des Gebietes wäre zunächst nach der Art der Verwendung durchführbar in

1. Kochapparate, also Apparate zum Erhitzen von Flüssigkeiten für Bereitung von Speisen usw. Diese können unterteilt werden in:
   - α) Apparate, bei denen die Heizung der Flüssigkeit von innen aus, also durch in die Flüssigkeit eingetauchte, elektrisch geheizte Körper, sog. „Sieder", erfolgt. Bei diesen Apparaten ist die Ausnützung der Energie am besten.
   - β) Apparate, bei welchen die die Flüssigkeit enthaltenden Gefäße von außen mit Heizkörpern umgeben sind, so daß diese indirekt erst ihre Wärme an die Flüssigkeit abgeben. Diese Gruppe umschließt die meisten der gebräuchlichen elektrischen Kochapparate.
   - γ) Apparate, bei welchen die Heizkörper zunächst auf eine Heizplatte (Rechaud) wirken, auf welche erst die Gefäße gestellt werden, welche die zu erhitzende Flüssigkeit erhalten. Da der Heizkörper in diesem Falle seine Wärme erst durch zwei Zwischenglieder an die zu erhitzende Flüssigkeit abgibt, so sind die Verluste durch Strahlung und Leitung am größten, der thermische Nutzeffekt der Vorrichtung ist also schlechter als bei den Gruppen α und β.

2. Apparate für Raumheizung, also elektrische Zimmeröfen, Heizkörper für Eisenbahn- und Straßenbahnwagen, Schaufensterwärmer usw.

3. Apparate für sonstige gewerbliche und häusliche Anwendungen, wie Zigarrenanzünder, Brennscherenwärmer, Lötkolben, Bügeleisen usw.

Mit Rücksicht auf das eingangs Gesagte empfiehlt es sich für unsere Zwecke, die in Frage kommenden Apparate eher nach dem zur Anwendung gelangenden Heizprinzip zu gliedern, und behalten wir zu diesem Zwecke am besten das von HEEPKE[1]) in seinen bezüglichen Veröffentlichungen aufgestellte System bei. Der Genannte, an dessen Ausführungen der Verfasser sich speziell bei der Besprechung der Apparate für Raumbeheizung im wesentlichen anlehnt, teilt die elektrischen Heizkörper, welche auf dem Prinzip der Widerstandserhitzung beruhen, in nachstehende Gruppen ein:

1. Heizkörper mit blanken, nicht isolierten Leitern.
2. Heizkörper mit isolierten Leitern.
3. Leuchtende Heizkörper.
4. Heizkörper, deren Erwärmung durch Wirbelströme und Hysteresis erfolgt.

In die vorstehenden Gruppen lassen sich alle teils zur praktischen Anwendung gelangten, teils nur in Vorschlag gekommenen Heizkörper mit Widerstandserhitzung mehr oder weniger scharf einreihen.

1. Heizkörper mit blanken, nicht isolierten Leitern.

Derartige Ausführungen kommen nur für Heiz-, nicht aber für Kochzwecke in Betracht. Sie stellen die älteste technische Form von Heizapparaten dar, welche darin bestand, daß man blanke Drähte einfach gespannt oder in Spiralform über auf einem entsprechenden Gestell befestigte Isolatoren führte. Dieses Verfahren hat sich trotz seiner Einfachheit als nicht sehr brauchbar erwiesen, da die Drähte sich beim Erwärmen ausdehnen und aus diesem Grunde, insbesondere bei Stoß, leicht zu Kurzschlüssen, Durchbrennen der Drähte und Durchschmelzen der Sicherungen Veranlassung geben. Um diesem Übelstande abzuhelfen, muß man entweder die einzelnen Drähte oder Spiralen sehr weit voneinander abstehen lassen, was die Oberfläche der Heizkörper sehr vergrößert, oder Asbestschnüre durch die Drahtspiralen ziehen. Doch auch dieses Mittel ist nicht sehr empfehlenswert, da Asbest in Berührung mit der an den glühenden Drähten sich bildenden Oxydschicht leicht verschlackt.

Als Material für die Widerstandsdrähte wählt man Legierungen von hohem Widerstand, wie die verschiedenen als Nickelin, Neusilber (Argentan), Kruppin, Konstantan usw. bekannten Legierungen des Nickels mit anderen Metallen. Einzelne dieser Legierungen werden auch anstatt in Drahtform, mit rechteckigem Querschnitt in Bandform speziell für Heizzwecke in den Handel gebracht.

Bezüglich der chemischen Zusammensetzung dieser Legierungen sind in der nachstehenden Tabelle XXIII S. 73 einige Beispiele angeführt.

Über den Widerstand und Temperaturkoeffizienten einiger dieser Legierungen, sowie über die zulässige Belastung geben im Nachstehenden einige Tabellen der betreffenden Fabrikanten Aufschluß. Hierzu ist zu bemerken, daß die angegebenen Maximalbelastungen so bemessen sind, daß die

1) HEEPKE, Die elektrische Raumheizung. Halle a. S. 1904. Verlag Marhold.

Tabelle XXIII.

	Kupfer %	Zink %	Nickel %	Eisen %
Nickelin:	61·6	19·7	18·5	0·2
	54·6	20·4	24·5	0·5
Neusilber: (Argentan)	60·2	25·4	14·0	0·4
Konstantan:	60·0	—	40·0	—
	54·0	—	46·0	—

Widerstände bei normalen Abkühlungsverhältnissen nicht zum Glühen kommen und ein Durchschmelzen erst bei der 2- bis 3 fachen Stromstärke eintritt.[1])

a) Widerstandsdrähte von Dr. Geitners Argentanfabrik, Auerhammer bei Aue i. S.

	Nickelin	Rheotan	Extra-Prima
Widerstand pro 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt Ω	0·40	0·473	0·300
Temperaturkoeffizient pro 1° C	+ 0·022 %	+ 0·023 %	+ 0·035 %

des Anfangswertes.

Tabelle XXIV.

Durchmesser mm	Querschnitt cmm	Abgerundeter Widerstand pro 1 m Draht in Ω		
		Nickelin	Rheotan	Extra-Prima
0·10	0·008	51	60	38
0·20	0·031	13	15	10
0·30	0·071	5·6	6·7	4·2
0·40	0·126	3·2	3·7	2·4
0·50	0·196	2·0	2·4	1·5
0·60	0·283	1·41	1·67	1·06
0·70	0·385	1·04	1·23	0·78
0·80	0·503	0·79	0·94	0·59
0·90	0·636	0·63	0·74	0·47
1·00	0·785	0·51	0·60	0·38
1·20	1·131	0·35	0·42	0·26
1·40	1·539	0·26	0·31	0·20
1·60	2·009	0·199	0·235	0·149
1·80	2·545	0·157	0·186	0·118
2·00	3·142	0·127	0·150	0·095
2·20	3·801	0·105	0·124	0·079
2·40	4·524	0·088	0·105	0·066
2·60	5·309	0·075	0·089	0·057
2·80	6·158	0·065	0·077	0·049
3·00	7·069	0·057	0·067	0·043

1) Ausgezogen von Uppenborn, Deutscher Kalender für Elektrotechniker 1907. Verlag Oldenbourg, München.

Tabelle XXV.

Nickelindraht		Nickelinstreifen 0·3 mm stark		
Durchmesser mm	Maximalbelastung Amp.	Breite mm	Widerstand pro 1 m Ω	Maximalbelastung Ω
0·2	1·5	10	0·133	40
0·4	3	15	0·0899	60
0·6	5	20	0·0667	80
0·8	7	25	0·0533	95
1·0	10	30	0·0444	110
1·25	15	35	0·0381	130
1·50	23	40	0·0333	145
1·75	30	45	0·0296	160
2·00	38	50	0·0267	175

b) Widerstandsdrähte von Fleitmann, Witte & Co. in Schwerte.

Tabelle XXVI.

Marke	Widerstandskoeffizient bei 20° C in Mikrohm-cm	Änderung des Widerstandes durch 1° Temperaturerhöhung	abgerundeter Widerstand Ω pro 1 m Draht bei				
			mm Durchmesser				
			0·2	0·4	0·6	0·8	1.0
			qmm Querschnitt				
			0·031	0·126	0·283	0·503	0·785
Superior	86·0	+ 0·00072	27·07	6·80	3·04	1·70	1·09
Konstantan	50·2	— 0·000011	16·13	4·00	1·79	1·00	0·64
Nickelin I	43·6	+ 0·000076	14·20	3·58	1·56	0·87	0·56
„ II	33·9	+ 0·000168	10·99	2·70	1·20	0·67	0·46
Neusilber	38·8	+ 0·000187	12·59	3·10	1·38	0·77	0·50

Tabelle XXVII.

Marke	Maximalbelastung in Ampere bei mm Durchmesser					
	0·5	0·76	1·00	1·50	2·00	2·50
Superior	2·2	4·8	7·0	12·0	18·0	27
Konstantan	5·7	7·8	9·9	14·5	24·5	38
Nickelin I	6·4	8·8	11·0	16·0	27·0	44
Neusilber	5·9	9·0	12·5	19·0	27·5	39

An Ausführungsformen von Heizkörpern mit blanken, nicht isolierten Leitern wären die nachstehenden anzuführen:

1. Die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin hat, um die beim Ausdehnen des Heizdrahtes in der Wärme auftretenden Kurz-

schlüsse zu vermeiden, federnde Spannvorrichtungen eingeführt und hält einen ziemlich weiten Abstand, ca. 10 mm, zwischen den Heizdrähten ein. Es steigt damit der Raumbedarf. Ein neuerer Heizregister der genannten Firma ist in Fig. 69 dargestellt.

Fig. 69.



für Straßenbahnen

Fig. 70.



für Schaufenster

Heizregister der Allgemeinen Elektrizitäts-Ges. Berlin.

Der Raumbedarf kommt bei der nahezu ausschließlichen Verwendung dieser Heizregister für Straßenbahnzwecke nicht sehr in Betracht. In ähnlicher Ausführung, nur mit vermehrter Längendimension gegenüber der Breite, werden derartige Heizregister auch als Schaufensterwärmer (Fig. 70) verwendet.

Über ihre älteren Heizregister gibt die ausführende Firma die nachstehenden Unterlagen.

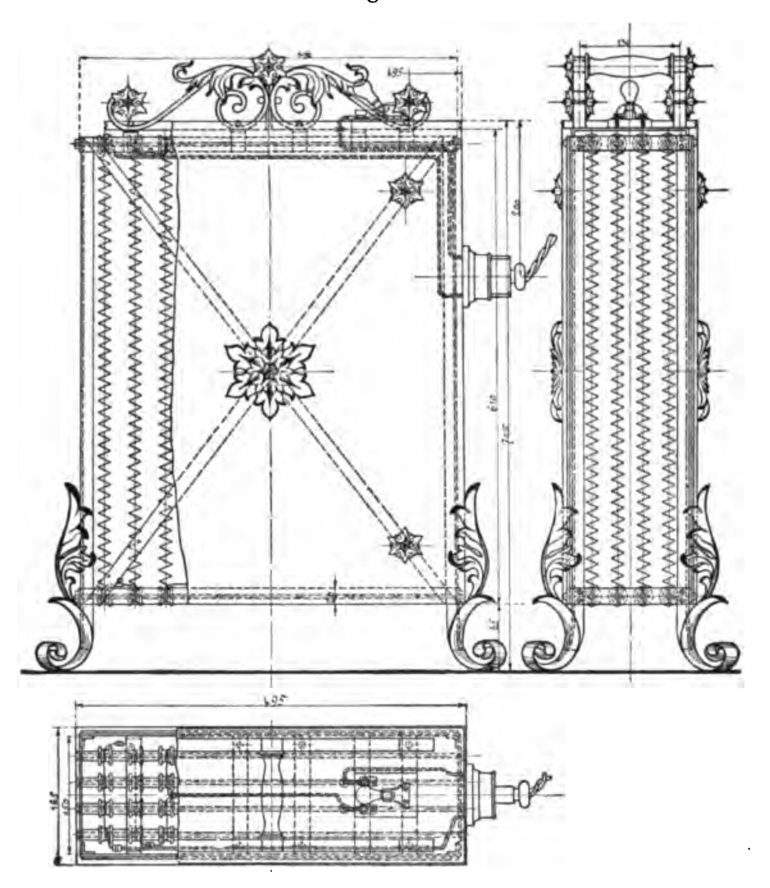
Tabelle XXVIII.

Heizregister für	Ausführung	Angaben pro	Watt-verbrauch	Spannung Volt	Gewicht kg	Heiz-kraft für cbm
Straßenbahnen	Zum Befestigen unter den Sitzen der Wagen. Eisenrahmen mit Schutzmantel aus perforiertem Eisenblech.	Stück	1500	500	20	8
	do. mit 2 Heizstufen zu 750 Watt	Stück	1500	250	20	8
Schaufenster	Länge $\frac{1}{2}$—3 m bei 150 mm Breite	laufenden Meters	330	110 u. 120	5	—

2. Kummler & Co., Aarau-Luzern haben auch bei einfacher Ausführung der Heizdrähte in Spiralform Ofenkonstruktionen in den Handel

gebracht, die sich trotz der gefürchteten Kurzschlüsse zwischen den einzelnen Spiralen an zahlreichen Stellen im Betrieb bewährt haben. Es genügte die Verwendung ziemlich steifer Spiralen und ein Abstand von 30 bis 40 mm zwischen diesen, um eine befriedigende Betriebssicherheit zu erzielen. Die Ausführungsform eines Heizkörpers ist aus Fig. 71 ersichtlich. [1])

Fig. 71.



Heizregister von H. Kummler & Co. Aarau-Luzern.

3. Die Fabrik für elektrische Heizung G. m. b. H. in Berlin führte ein Heizsystem mit freiliegenden Drähten aus, bei welchem durch künstliche Ventilation die auftretende Wärme fortgenommen wurde. Da auf diese Weise eine stärkere Belastung der Drähte möglich ist, konnte die Heizung, um eine Überhitzung des Raumes zu vermeiden, nur intermittierend betrieben werden. Mittels sich ausdehnender und zusammenziehender Quecksilberkontakte wurde ein automatisches Aus- und Einschalten des Heizkörpers bewirkt. Das System fand keine besondere Verbreitung, da infolge der lästigen Ventilatoren anstelle von einzelnen Raumheizungen das Hauptgewicht auf eine elektrische Zentralheizung gelegt werden mußte, was natürlich die Möglichkeit einer Einführung des Systemes ganz außerordentlich erschwerte.

1) Heepke, Die elektrische Raumheizung 1904 p. 46. Verlag Marhold. Halle a. S.

2. Heizung mit isolierten Leitern.

Diese Heizkörper nützen die Stromwärme nicht durch direkte Strahlung, sondern durch Leitung aus. Die im Widerstandskörper erzeugte Wärme geht in diesem Fall zunächst an ein nichtleitendes Material über und wird von diesem wieder an einen Metallkörper übertragen, der sie wieder entweder an die Atmosphäre durch Strahlung oder bei Kochapparaten durch Leitung an Flüssigkeiten abgibt. Um die Vorteile eines derartigen Prinzipes, bei welchem das Widerstandmaterial viel höher belastet werden kann, voll auszunützen, ist es am besten, dieses ganz luftdicht in das isolierende Material einzubetten. Als Isolationsmaterialien dienen beinahe ausschließlich Silikate, die entweder, wie Porzellan, Glas, Ton usw., neben leichter Formbarkeit eine gewisse Elastizität gegenüber Ausdehnung und Zusammenziehen beim Ein- und Ausschalten, sowie hohe Schmelztemperatur aufweisen, oder wie Asbest und Glimmer hohe Elastizität und Feuerfestigkeit besitzen oder endlich, wie Emaille, einen verhältnismäßig niederen Schmelzpunkt aufweisen. Es ist eine der Hauptbedingungen bei der Verwendung derartiger Isolationsmaterialien, daß sie möglichst gleichen Ausdehnungskoeffizienten wie das Heizmaterial haben, wenn nicht besonders bei jenen Heizkörpern, die das Heizmetall ganz einschließen, eine rasche mechanische Zerstörung eintreten soll.

Im allgemeinen werden die Heizkörper mit isolierten Leitern in der Weise ausgeführt, daß man einheitlich gleiche Elemente herstellt und auf diese Weise einerseits die bei Massenfabrikation zu erzielenden technischen und ökonomischen Vorteile erreicht, andererseits aus diesen einzelnen Elementen die den Verwendungszwecken angepaßten, nahezu beliebigen Formen herstellen und eine leichte Regulierung durch Unterteilung ermöglichen kann. Man wird im allgemeinen den einzelnen Elementen bei Verwendung für Heizzwecke mehr langgestreckte, z. B. röhrenartige Formen, womöglich mit regelmäßiger, durch die Form selbst sich einstellender Luftströmung geben, während für Kochzwecke mehr flächenförmige Ausgestaltungen der Heizkörper in der Überzahl der Fälle zur Verwendung kommen werden.

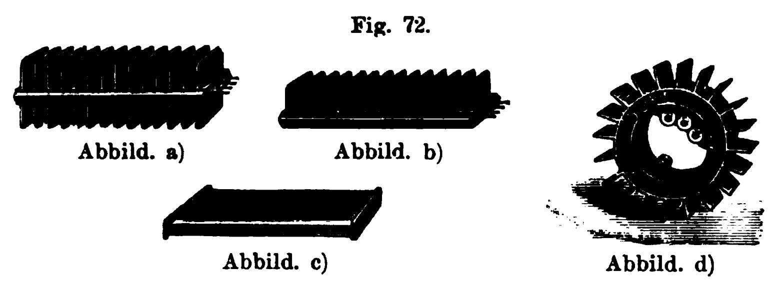
Bezüglich des Heizmateriales selbst kommen entweder Leiter von gleichmäßigem Querschnitt, insbesondere Drähte aus Platin, Nickelstahl oder anderen Legierungen in Betracht, oder bei anderen Systemen Bänder aus Edelmetallen, bei welchen die Dicke gegenüber der Breite verschwindet. Solche Bänder werden entweder auf mechanischem oder galvanischem Wege, oder durch Reduktion aus Lösungen organischer Edelmetallsalze erzeugt.

1. System Schindler-Jenny. Dieses System wird von der Fabrik elektrischer Heiz- und Kochapparate „Elektra“ in Wädenswyl ausgeführt, während die Firma Paul Stotz in Stuttgart, welche dieses System früher auch erzeugte, ihre Fabrikation an die erstgenannte Firma abgegeben hat.

Das Heizmaterial besteht bei diesem System aus Platindraht, welcher um dünne Asbestschnüre spiralförmig herumgewickelt ist. Der Durchmesser der Drähte beträgt 0·1 bis 0·15 mm. Die aktive Fläche wird durch flachere oder steilere Gänge in den Drahtwickelungen vermehrt oder vermindert. Die drahtumwickelten Asbestschnüre werden in verschiedener Form wie Spiralen usw. in Chamottekörper eingelegt, die je nach der Verwendungsart zu Schleifen, Röhren, Ringen, Platten usw. ausgestaltet sind und entsprechende Vertiefungen oder Bohrungen enthalten, in welche die Heizschnüre eingelegt werden. Behufs günstiger Wärmeausstrahlung werden die

Isolierkörper entweder zwischen Metallplatten fest verschraubt oder in neuerer Zeit direkt in Metall eingegossen. Da auf diese Weise der Heizdraht vom Luftzutritt vollständig abgeschlossen ist, so kann eine Verschlackung des Asbests nicht so leicht eintreten, wie bei Freidrahtheizkörpern. Als Metall zum Umgießen der Heizkörper wird hauptsächlich Aluminium verwendet, welches neben dem Vorteil der großen Leichtigkeit auch beim Umgießen verhältnismäßig stark schwindet und sich an den Heizkörper gut anlegt.

Fig. 72.



Abbild. a) Abbild. b) Abbild. c) Abbild. d)

Heizelemente System SCHINDLER-JENNY.

Die Elemente, aus welchen beim System SCHINDLER-JENNY die verschiedenen Heizkörper zusammengesetzt werden, sind in vier verschiedenen, in Fig. 72 dargestellten Formen in Anwendung:

a) Gerade, plattenförmige Elemente mit beiderseitigen Rippen.
b) Gleiche Elemente mit einseitigen Rippen.
c) Gleiche Elemente ohne Rippen.
d) Runde Elemente mit einseitigen Rippen an der äußeren Peripherie.

Die Heizelemente der vorstehenden vier Typen haben die nachstehenden Abmessungen:

Tabelle XXIX.

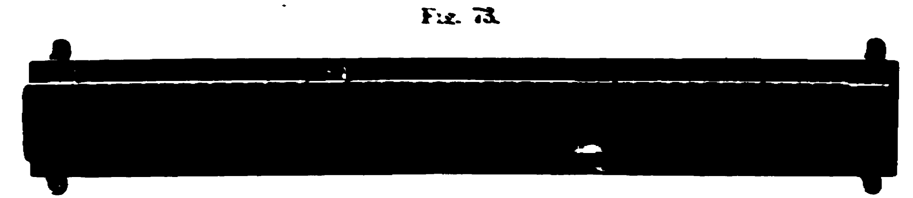
Form	Abmessungen einschließlich Rippen			Stromverbrauch Watt	Spannung Volt
	l mm	b mm	h mm		
Flach, doppelrippig	300	90	100	600	bis 250
„ einfachrippig	300	90	55	500	„
„ ungerippt	300	120	22	400	„
Rund, gerippt	205	—	105	800	„

Die einzelnen Elemente sind gewöhnlich in zwei Stromkreise unterteilt, von denen der eine in der Regel für $^1/_3$, der andere für $^2/_3$ der normalen Energie bemessen ist.

Die geraden Rippenelemente werden hauptsächlich bei solchen Heizvorrichtungen gebraucht, bei denen es auf dekorative Ausstellung nicht so sehr ankommt und die Heizregister nicht verdeckt zu werden brauchen, also z. B. für Straßenbahnwagen, Trockenräume, Fabriksäle, Schiffskabinen usw. Ein solches Heizregister für Straßenbahnen ist in Fig. 73 dargestellt.[1])

1) HERPKE, Die elektrische Raumheizung 1904, p. 86. Verlag C. Marhold, Halle a. S.

Fig. 73.



Heizkörper für Straßenbahnen. System Schindler-Jenny.

Die normalen Abmessungen sind die folgenden:

Tabelle XXX.

Ausführung	Anzahl der Elemente	Länge mm	Breite mm	Höhe mm	Stromverbrauch Hektowatt min.	Stromverbrauch Hektowatt max.	Regulierbarkeit	Gewicht kg
Rippen einseitig, ohne Deckblech	1	400	200	80	—	5	—	7
„ „ mit „	1	400	150	100	—	5	—	8
„ „ ohne „	2	750	200	80	5	10	2fach	11·5
„ „ „ „	3	1100	200	80	5	15	3 „	16
„ „ „ „	4	1400	200	80	5	20	3 „	21
„ beiderseitig, m. Deckblech	1	460	130	170	—	6	—	11
„ „ „ „ „	2	750	150	170	6	12	2 „	21

Die runden Heizelemente werden in der, in Fig. 74 dargestellten Weise zu Heizkörpern zusammengesetzt, so daß sie eine Art Rohr vorstellen, in dem eine lebhafte Luftströmung bewirkt wird. Diese Heizelemente dienen als Einsätze für mehr dekorativ ausgestaltete Öfen von runder oder eckiger Form. Solche runde transportable Öfen hat die Firma Stotz in nachstehenden Ausführungen gebaut:

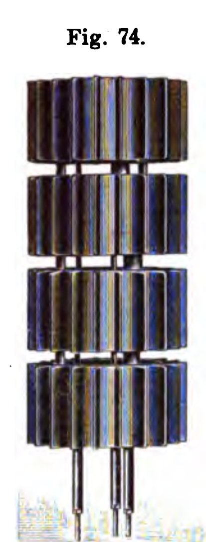
Tabelle XXXI.

Nr.	Höhe cm	Stromverbrauch bei 100—110 Volt, Ampere	Gewicht kg
1	33	10	4·5
2	60	20	20
3	60	10, 20, 30 regulierbar	22

Die rippenlosen Elemente wurden besonders bei dekorativ gut ausgestatteten Öfen angewendet, bei welchen die Heizplatten nur im Untergestell des Ofens angebracht sind. Ein solcher Ofen ist in Fig. 75 dargestellt.

Die nachstehende Tabelle gibt die Abmessungen derartiger Salonöfen:

Fig. 74.



Zusammengesetzte runde Heiz elemente. System SCHINDLER-JENNY.

Fig. 75.



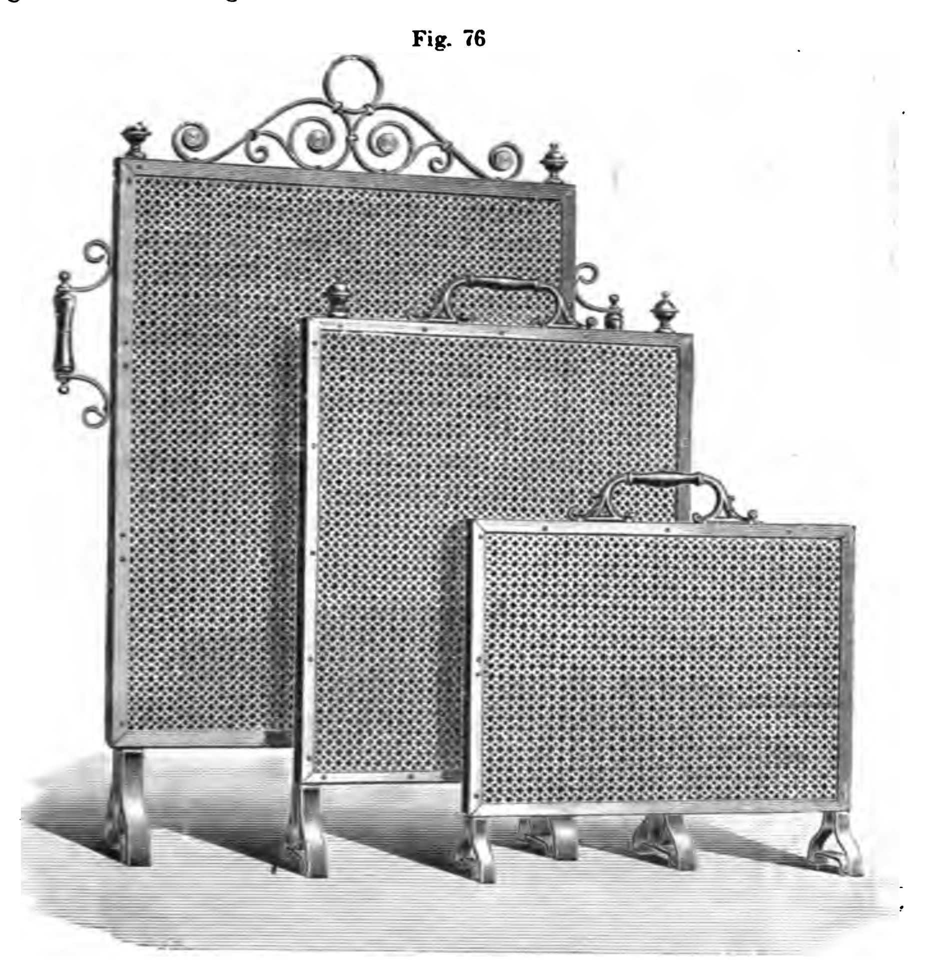
Elektrischer Zimmerofen. System SCHINDLER-JENNY.

Tabelle XXXII.

Abmessungen mm			Anzahl der Elemente	Heizkraft je nach Temperatur	Regulierstufen	Stromverbrauch in Hektowatt		Gewicht
l	*b*	*h*		cbm		min.	max.	kg
570	440	580	7	40— 80	5	4	20	52
570	440	580	7	35— 70	5	4	16	48
570	440	1250	7	60—120	5	4	28	86
570	440	1250	7	50—100	5	4	42	80
570	440	1250	7	80—160	5	8	40	
570	440	1250	7	100—200	6	8	48	
570	440	1250	7	120—240	7	8	56	

Die SCHINDLER-JENNY-Elemente wurden von STOTZ in Stuttgart bei Öfen von besonders flachen Formen mit großer Heizfläche angewendet. Aus Fig. 76 sind derartige Öfen ersichtlich.

Fig. 76



Transportable elektrische Zimmeröfen von STOTZ, Stuttgart.

Nachstehende Tabelle enthält Angaben über einige Beispiele solcher flachen Öfen:

Tabelle XXXIII.

Größe hoch cm	Größe breit cm	Stromverbrauch bei 100—110 Volt-Ampere	Gewicht kg	Ausführung
30	80	10—15	20	Register für Straßenbahn
56	55	10	7·5	Zimmeröfen, einfach
56	55	10	9	„ verziert
84	55	20	19·5	„ einfach
115	83	10, 20, 30	30	„ einfach
142	83	20	48	„ verziert

Für Kochzwecke muß man bei diesem wie bei allen übrigen Systemen untersoheiden zwischen einzelnen Kochgefäßen, bei welchen jedes Gefäß seinen eigenen Heizkörper enthält, und elektrischen Herden, bei welchen die Wärmeübertragung eine indirekte ist und erst von einer elektrisch geheizten Platte aus, ähnlich wie bei Rechauds im kleinen, erfolgt. Es wäre für die Zwecke des Handbuches wohl überflüssig, Abbildungen der vielen, für elektrische Heizung mit direkter oder indirekter Wärmeübertragung durchgeführten Formen von Heizgefäßen und Herden in größerer Anzahl zu bringen, da diese im Gegensatz zu den elektrischen Öfen für Raumbeheizung doch gegenüber den gewöhnlich angewandten Formen keine wesentlichen Abweichungen zeigen. Für derartige Kochvorrichtungen, von denen nur in Fig. 77 ein Schnellkocher und in Fig. 78 ein elektrischer Haushaltungsherd der Firma „Elektra“ in Wädenswyl wiedergegeben ist, werden

Fig. 77.



Elektrischer Schnellkocher. System Schindler-Jenny.

Fig. 78.



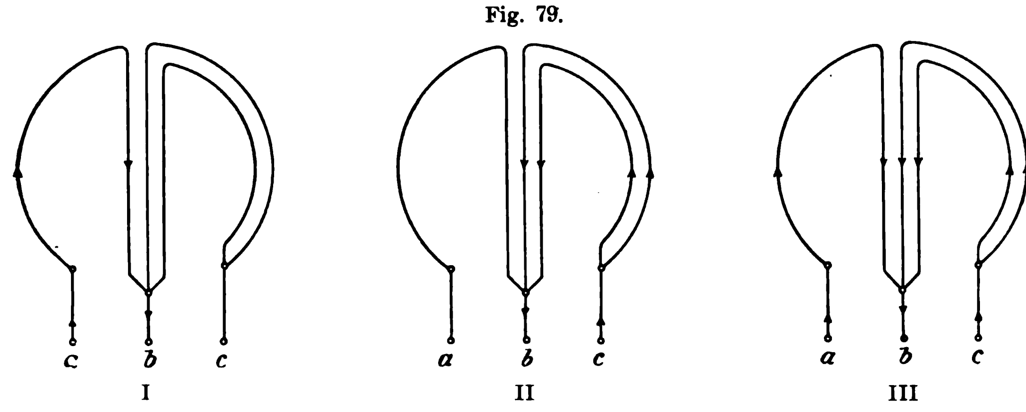
Elektrischer Haushaltungsherd. System Schindler-Jenny.

beim System Schindler-Jenny ebenfalls ähnliche Heizkörper wie die rippenlosen Elemente für Raumbeheizung verwendet, nur müssen diese für Kochgefäße besonders dünn, leicht und unzerbrechlich sein. Bei größeren Bratrosten etc. kommen auch Röhrenheizkörper zur Verwendung.

Die Einzelkochgefäße sind bei dem System Schindler-Jenny für drei Wärmeabstufungen eingerichtet, die durch einen entsprechenden Stöpselkontakt nach dem in Fig. 79 dargestellten Schema als schwache, mittlere und starke Hitze erzielt werden können.

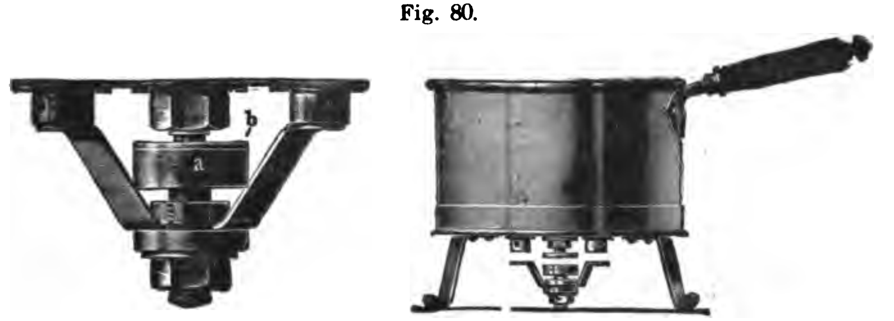
Jeder Heizkörper hat zwei Stromkreise, einen einfachen, der bei *a* beginnt und in *b* endet, und einen doppelten, der bei *c* beginnt und an den

Fig. 79.



Wärmestufen beim System Schindler-Jenny.

Fig. 80.



Sicherheitsvorrichtung bei Kochgeschirren. System Schindler-Jenny.

beiden Seiten von *b* endet. In Stellung I geht der Strom nur durch die Leitung *ab*, in Stellung II durch die Doppelleitung *bc*, und in Stellung III geht der Strom durch alle drei Leitungen. Bei einem Kochgeschirr, welches also maximal z. B. 6 Ampere bei voller Belastung beanspruchen würde, entspricht die Schaltung auf „schwach" einer Stromstärke von 2, die auf „mittel" einer solchen von 4 Ampere.

Einzelkochgeschirre sollen natürlich nie ohne Flüssigkeitsinhalt eingeschaltet werden, doch sind solche Zufälligkeiten nie ganz ausgeschlossen. Um die Kochvorrichtungen trotzdem zu schützen, konstruierte Schindler-Jenny die in Fig. 80 dargestellten Sicherungen,[1]) in welchen bei Überlastung des Widerstandsmateriales die Fläche zwischen *a* und *b* ins Schmelzen

1) Dowsing, Electric Heating and Cooking. The Electrician Primers Nr. 73.

kommt, wodurch der untere Teil der Sicherheitsvorrichtung abfällt und der Strom unterbrochen wird. Wie schon erwähnt, wollen wir auf Wiedergabe von zahlreichen Abbildungen über solche Spezialausführungen, wie sie in den Listen der fabrizierenden Firmen enthalten sind, verzichten, und genügt es wohl, wenn wir nur aufzählen, für welche Zwecke die in Rede stehenden Heizkörper Anwendung gefunden haben. Außer den schon angeführten Öfen für Raumbeheizung seien noch aufgezählt: Schnellkocher, Wärmeapparate, Tassensieder, einfache und doppelte Kochplatten (Rechauds), Wärmeplatten, Pfannen, Kochkessel, Kaffeemaschinen, Teekessel, Samovars, Bratroste, Tellerwärmer, Brat- und Backöfen, Handwaschapparate, große Wasserkocher, Bügeleisen für direkte und indirekte Heizung, Lockenscherenwärmer, Zigarren- und Pfeifenanzünder, Bettflaschen, Leibwärmer, Inhalationsapparate, Bierwärmer, Fuß- und Fensterwärmer, Siegellackpfannen, Leimkocher, Wasserbäder, Wärmeplatten für chemische Zwecke, Schreinereien usw., Lötkolben, Brut- und Wärmeschränke, Heizeinrichtungen für Satiniermaschinen, Puffeisen für Handschuhfabriken, Spezialapparate für Buchbindereien, ferner von selteneren Ausführungen: Brotröster, Bleistiftglättevorrichtungen, Conditionierapparate für Spinnereien, Dampfkessel, Destillierapparate, Holzwoll-Trockenapparate, Kaffeeröster, Kupferdruckplatten, Korkbrennstempel, Kreppmaschinen, Steindruckplatten, Sandbäder, Trockenspinde für Laboratorien, Wäschewalzen, Waffeleisen, Wachsschmelzapparate, Wurstkessel, Wurströstapparate, Zuckerpfannen usw.

Bezüglich Ausmaße und Stromverbrauch seien nachstehend einige Beispiele angeführt:

Schnellkocher. Tabelle XXXIV.

Inhalt	Stromverbrauch bei 100—110 Volt	Zeit zum Sieden	Gewicht
L	Amp.	Minuten	kg
1/2	5	6	0·85
1	6	10	1
2	10	12	1·5
3	12	16	2·2
3	3, 9, 12	16	2·2

Rechauds. Tabelle XXXV.

Durchmesser der Platte	Stromverbrauch bei 100—110 Volt		Zeit zum Kochen	Gewicht
cm	Amp.			kg
13		3	0·5 L in 18 Min.	1·25
13		5	0·5 „ „ 12 „	1·5
11	regulierbar	0·5, 2, 2·5	0·5 „ „ 20 „	1·25
16	regulierbar	2, 3, 5	1 „ „ 20 „	2·25
21·5	regulierbar	2, 6, 8	2 „ „ 23 „	4·1
32·5	regulierbar	8, 12, 12	5 „ „ 25 „	9

Pfannen. Tabelle XXXVI.

Oberer Durchmesser	Inhalt	Stromverbrauch bei 100—110 Volt		Zeit zum Kochen	Gewicht
cm	L	Amp.			kg
15	0·5	regu-	1, 2, 3	0·5 L in 11 Min.	1·3
21	2	lier-	2, 3, 5	2 „ „ 26 „	2·3
28	5	bar	2, 6, 8	5 „ „ 45 „	4

Bügeleisen. Tabelle XXXVII.

Größe	Stromverbrauch bei 100—110 Volt	Gewicht
cm	Amp.	kg
18 × 9	3	3
20 × 9	5	4
16·5 × 9	4	2·8
16·5 × 9	5	3·3
16·5 × 9	5	3·8
23·5 × 10	5	4·0

Lötkolben. Tabelle XXXVIII.

Größe der Kupferspitze	Stromverbrauch bei 100—110 Volt	Gewicht
mm	Amp.	kg
35 lang, 22 breit	1	0·5
50 „ 36 „	1·5	1
45 „ 28 „	1·5	1
70 „ 48 „	3	2

Fig. 81 zeigt einen schematischen Schnitt durch einen elektrischen Lötkolben System SCHINDLER-JENNY. *a* ist das Gehäuse zur Aufnahme des Heizkörpers. Mit diesem Gehäuse ist durch die Klammern *cc* und die Schraube *f* der massive Lötkolben derart verbunden, daß der Kolben und das Gehäuse sich mit großer Oberfläche berühren. Der Kolben braucht daher nur zeitweise eingeschaltet zu sein.

2. System Helberger. Bei diesem, von der Firma HUGO HELBERGER-München, früher HUMMEL & HELBERGER ausgeführten System wird der Heizdraht, für welchen meistens Platin oder Nickellegierungen genommen werden, durch aufgereihte dünnwandige Glasperlen isoliert. Diese isolierten Drähte werden nun je nach der Verwendungsart entweder über Metallrohre gewickelt oder in Nuten entsprechender Heizkörper eingelegt und in beiden Fällen durch eine Lage Steinkitt festgehalten. Schematisch ist die Anordnung der Drähte aus den beistehenden Figuren ersichtlich, bei welchen

Fig. 82 ein Heizrohr für einen Zimmerofen,

Fig. 83 eine Heizplatte für ein Kochgefäß und zwar mit einem einzigen Stromkreis,

Fig. 84 ein Heizrohr für einen Badeofen darstellt.

Diese Art der Isolation des Leiters wird für Apparate verwendet, die schwache und mittlere Hitzegrade erreichen sollen, wie Öfen, Kochgefäße,

Fig. 81.

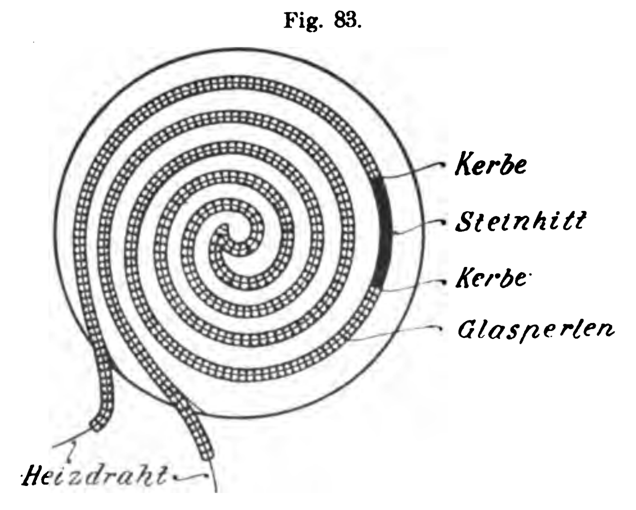
Lötkolben.
System SCHINDLER-JENNY.

Fig. 82.

a) dünnwandiges Messingrohr
b) Luftkanal
c) Heizkanal
d) Glasperlen
e) Steinkitt
f) mattschwarzer Anstrich

Heizrohr für Zimmeröfen. System HELBERGER.

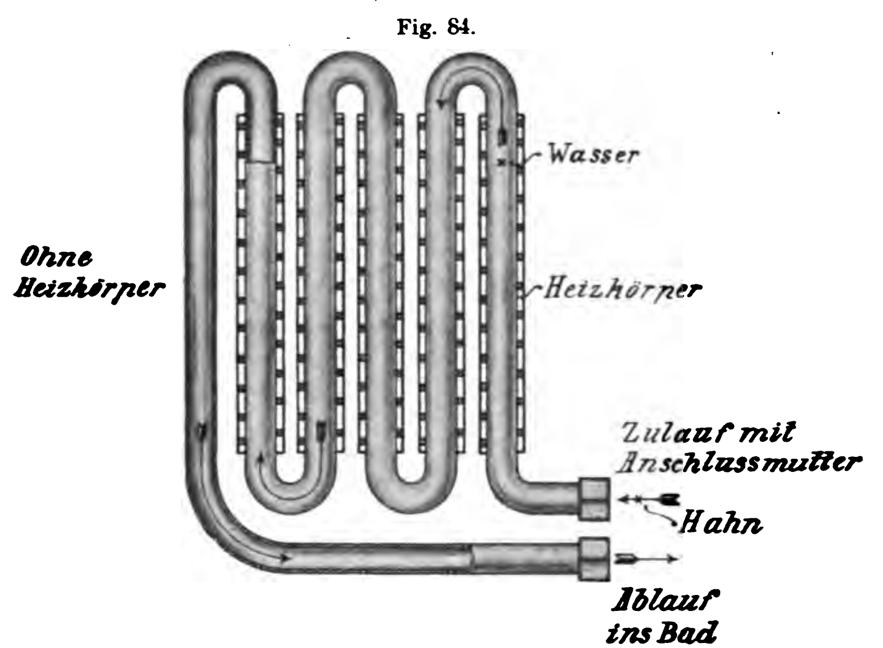
Fig. 83.



Heizplatte für Kochgeschirre. System HELBERGER.

Rechauds, Bügeleisen usw. Für starke Hitzegrade, wie z. B. bei Herdplatten, Lötkolben, Brennstempeln usw. wird auch Isolation durch Glimmerplatten verwendet, welche mit dem Heizdraht zwischen Metallplatten fest verschraubt werden.

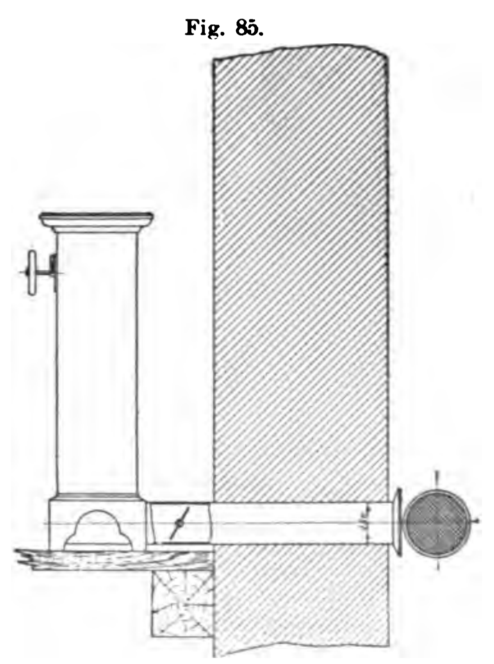
Fig. 84.



Heizrohr für Badeöfen. System HELBERGER.

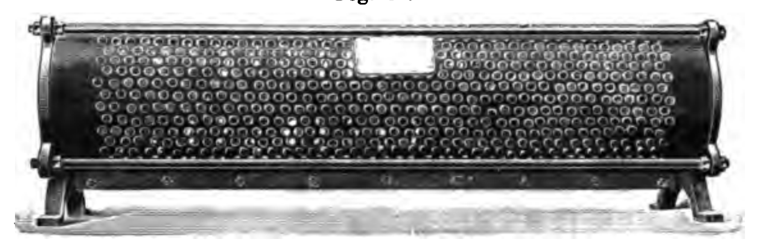
Die in Fig. 82 dargestellten Elemente für Raumbeheizung bestehen aus einem 5 cm weiten Messingrohr von ca. $^3/_4$ m Länge und sind von dem isolierten Heizdraht unten enger und oben weiter umwickelt. Eine Anzahl solcher Heizrohre sind zu einem Ofen vereinigt und in genügendem Abstand von einem mattschwarzen Blechmantel umgeben. Durch die rohrförmige Anordnung tritt von selbst Luftzirkulation ein, welche die Rohre kühlt und dadurch einerseits größere Belastung der Heizdrähte zuläßt, andererseits die Heizelemente mehr schont und auch größere Spannungserhöhungen zuläßt. Die Öfen sind gegen den Fußboden abgeschlossen, und erfolgt das Luftansaugen von der Seite, um das Eindringen von Staub möglichst zu vermeiden.

Fig. 85.



Elektrischer Ofen mit Ventilationsheizung.

Fig. 86.



Heizkörper für Straßenbahnwagen. System Helberger.

Fig. 87.





Stationärer Heizkörper. System Helberger.

Die Öfen werden nicht nur für Zirkulationsheizung, sondern, wie in Fig. 85 [1]) schematisch dargestellt, auch für Ventilationsheizung gebaut, in welchem Falle die Heizrohre durch den Ofensockel und ein Blechrohr, welches durch die Mauer geht, direkt mit der Außenluft in Verbindung stehen. Die Luftzufuhr kann durch eine Klappe gedrosselt werden. Außerdem wird bei größeren Öfen mit einer größeren Anzahl von Heizrohren die Temperatur durch Zu- und Abschalten der Rohre mittels Handrad, Kontaktfeder und Kontaktrad in analoger Weise wie bei Regulierwiderständen bewirkt. Die einzelnen Heizelemente werden in der Regel für Stromstärken von 5, 10, 15 usw. Ampere gebaut.

Fig. 86 zeigt einen Helbergerschen Heizkörper für Straßenbahnwagen für Betriebsspannungen von 100 bis 500 Volt und Stromstärken von 5 bis 1 A in der Größe von 80 × 26 × 20 cm und im Gewicht von ca. $21^1/_2$ kg.

Fig. 87 zeigt einen stationären Regulierofen mit 5 Abstufungen und Handrad. Diese Öfen haben die nachstehenden Abmessungen. S. Tabelle XXXIX.

Ähnliche transportable Öfen in runder Form, werden in den nachstehenden Normalgrößen gebaut. S. Tabelle XL, Seite 89.

Tabelle XXXIX.

Größe cm	Volt	Ampere	Gewicht kg	Genügt für cbm
100 : 35 : 20	100—110	10—50	25	120
80 : 25 : 20	100—110	5—25	18	60

1) Heepke, Die elektrische Raumheizung 1904, p. 67. C. Marhold, Halle a. S.

Tabelle XL.

Durchmesser cm	Höhe cm	Volt	Ampere	Gewicht kg	Heizt cbm
15	40	100—110	10	5	30
20	60	100—110	10, 20	7·5	60

Auch die HELBERGERschen Öfen werden in dekorativ reicherer Ausführung gebaut. Diese Zimmeröfen haben den nachstehenden Kraftbedarf.

Tabelle XLI.

Volt	Ampere	Heizt cbm
100—110	10—20	45
100—110	5—25	55
100—110	10—50	110

Unter Benutzung der in Fig. 83 schematisch dargestellten Plattenelemente wurden auch nach dem HELBERGER-System eine ganze Reihe von Koch- und sonstigen Heizvorrichtungen gebaut, deren Wiedergabe sich hier erübrigt. Es kommen die gleichen Verwendungsarten in Frage, die schon bei dem System SCHINDLER-JENNY namentlich angeführt wurden. Die Unterteilung auf drei Heizstufen erfolgt ebenfalls in ähnlicher Weise wie bei diesem System.

Die Abmessungen und Leistungen einiger solcher HELBERGERscher Kochvorrichtungen sind in den nachstehenden Tabellen angegeben:

Tabelle XLII.

Kaffeemaschinen für den Haushalt.

Inhalt Liter	Volt	Ampere	Zeit zum Kochen	Gewicht kg
1/3	100—110	2	ca. 12 Min.	2·6
5/8	100—110	3	15	3·2
7/8	100—110	4	15	3·8
1 1/4	100—110	5	18	4·9
1 7/8	100—110	6	20	5·9

Tabelle XLIII.

Kaffeemaschinen für Hotels.

Größe in Tassen	Größe in Liter	Volt	Ampere	Kaffee fertig in Minuten
25	4	100—110	1, 3	30
35	5·5	100—110	1, 5, 10	30
40	7	100—110	2. 14	30
50	9	100—110	2·5, 18	30
75	14	100—110	3, 28	30
100	22	100—110	4, 40	30

Tabelle XLIV.

Ringsieder.

Volt	Durchmesser cm	Ampere	1 Liter kocht in Minuten	Gewicht kg
100—110	11	3	ca. 20	0·4
100—110	13	4	„ 15	0·5
100—110	15	6	„ 10	0·7
100—110	16	8	„ 7—8	1·2

Tabelle XLV.

Scheibensieder.

Volt	Durchmesser cm	Ampere	1 Liter kocht in Minuten	Gewicht kg
100—110	12·5	4	ca. 15	1·900
100—110	16·5	5	„ 12	2·100
100—110	20·0	6	„ 10	3·600

Die in den zwei letzten Tabellen angeführten Sieder werden direkt in die zu erhitzende Flüssigkeit eingetaucht, haben also einen weit besseren thermischen Nutzeffekt.

Nach dem in Fig. 84 schematisch dargestellten Prinzip werden die HELBERGERschen Heizkörper speziell für Badeöfen verwendet, in welchem Falle der Heizdraht mit dem Isolationsmaterial direkt auf die kupferne Heizschlange aufgetragen wird. Diese wird dann entweder in flachen, durchbrochenen Blechkästen nach Art der Heizregister eingebaut oder auch in Badeöfen eingesetzt, welche äußerlich ähnlich wie die gewöhnlichen Badeöfen für Gas- oder Kohlenfeuer ausgebildet sind.

Ein derartiger HELBERGERscher Badeofen bringt 200 Liter Badewasser bei 110 Volt und 200 Ampere in 12 Minuten, bei 110 Volt, 100 Ampere in 25 Minuten auf eine um 20° C höhere Temperatur.

3. System Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin. Das Charakteristische dieses Systems besteht darin, daß der Widerstandsdraht über ein Messingfederrohr gewickelt wird, welches zuerst mit Asbest umwunden ist. Die Rohre haben einen Durchmesser von ca. 40 und eine Länge von 400 mm. Durch die Federrohre wird immer ein straffes Anliegen des Heizdrahtes bewirkt. Die Elemente werden in ähnlicher Weise wie bei den HELBERGER-Öfen vereinigt und haben infolge ihrer Röhrenform ebenfalls den Vorteil der zwangsläufigen Luftzirkulation. Die Regulierung erfolgt durch Unterteilung in, in der Regel 4, gleiche Stufen mit entsprechenden Schaltern.

Die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft baut für Heizzwecke sowohl die in Fig. 88 dargestellten einfachen Heizregister, als auch

Fig. 88.




Heizregister der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft.

dekorativ verzierte Zimmeröfen. Die dargestellten einfachen Register, welche besonders für Wohnräume, Geschäftslokale, Werkstätten usw. dienen sollen, können in Wandnischen, Kaminen, kurz dort, wo eine Berührung nicht so leicht möglich ist, ohne Schutzmantel ausgeführt werden, sonst werden sie mit einem solchen aus perforiertem Eisenblech versehen.

Die normalen Heizregister der genannten Firma werden in den nachstehenden Abmessungen gebaut:

Tabelle XLVI.

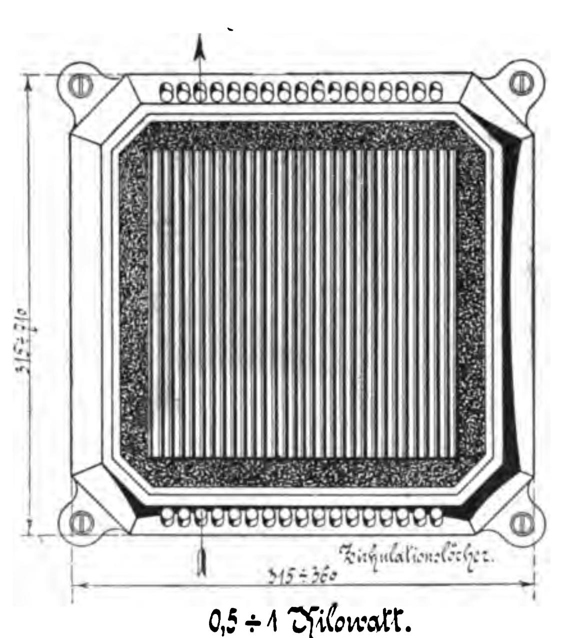
Ausführung	Watt-verbrauch	Heiz-fähigkeit cbm	Regulier-fähigkeit	Gewicht ca. kg
mit 2 Röhren	1500	30	keine	3·4
„ 3 „	2250	45	„	5·1
„ 4 „	3000	60	zweifach	6·8
„ 5 „	3750	75	„	8·5
„ 6 „	4500	90	„	11
„ 8 „	6000	120	dreifach	14
„ 10 „	7500	150	„	18
„ 12 „	9000	180	„	21

Für Kochzwecke verwendet die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft ein System mit Emailleisolation.

4. System Binswanger: Die Heizdrähte werden direkt in Zement eingelegt, welcher sie untereinander und von der Heizplatte isoliert. Das System hat keine Verbreitung gefunden.

5. System Crompton: Bei diesem, auch als System Colin bekannten und einigen ähnlichen, auf ältere Vorschläge von Carpenter zurückzuführenden Systemen werden die Heizdrähte direkt in Emaillemasse eingebettet. Es ist also hier das Erfordernis einer gleichmäßigen Ausdehnung des Widerstandsdrahtes und der Isolationsmasse von besonderer Wichtigkeit. Diese Bedingung ist bei Platin als Widerstandsmaterial leichter zu erfüllen, als bei unedlen Metallen. Es ist hierbei noch besonders zu beobachten, daß Isolationsmaterial und Heizdraht bei der Herstellung der Heizkörper ganz anders beansprucht werden, als beim Gebrauch. Während bei der Herstellung im Emaillierofen die ganze Masse sehr rasch auf gleichmäßige Temperatur kommt und die Erhitzung von außen nach innen erfolgt, wird beim Gebrauch der Heizdraht sehr rasch erhitzt, dehnt sich aus und drückt auf die Emailleschichten. Nach Angaben von Voigt [1]) wird zunächst eine starke Eisenplatte mit einer Unterlage von schwer schmelzbarer Emaille überzogen, auf welche zwei Lagen einer leichter schmelzenden Emaille aufgetragen werden, deren obere den hin- und hergebogenen oder spiralig aufgelegten Heizdraht enthält. Das Ganze wird mit noch einer Lage Emaille überdeckt. Als Widerstandsmaterial wird in der Regel Nickelstahldraht oder eine der schon erwähnten Nickelkupferlegierungen verwendet. Nach Angaben von Heepke [2]) wird auch eine Legierung von Neusilber mit Platin, Nickeleisen oder Eisen genommen. Der für kleinere Apparate verwendete Draht von 0·1 mm Durchmesser hat einen Widerstand von 98 bis 99 Ω pro m, also einen spezifischen Widerstand von 0·774. Die Emaille hat einen Schmelzpunkt von 800 bis 900 ° C und einen linearen Ausdehnungskoeffizienten, der dem des Glases nahekommt. Als Material für die Heizplatten wird Gußeisen verwendet, welches von den Metallen wieder den am nächsten liegenden Ausdehnungskoeffizienten aufweist. Fig. 89 zeigt eine solche Colinsche Heizplatte. [3])

Fig. 89.



Heizplatte. System Colin.

1) Voigt, Kochen und Heizen mittels des elektrischen Stromes, p. 9. Halle a. S. 1899. Verlag W. Knapp.

2) Heepke, Die elektrische Raumheizung, p. 60. 1904. Halle a. S. Verlag C. Marhold.

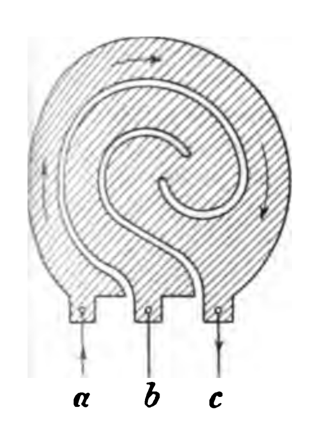
3) Heepke l. c. p. 60.

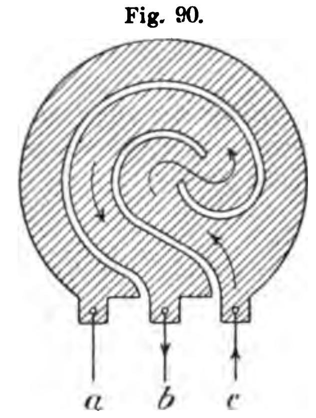
Die Gußeisenplatte wird oft noch mit Rippen versehen, um die Heizwirkung zu erhöhen. Auf Wiedergabe von Spezialausführungen kann wohl verzichtet werden, und sei auf die schon mehrfach angeführte Literatur verwiesen.

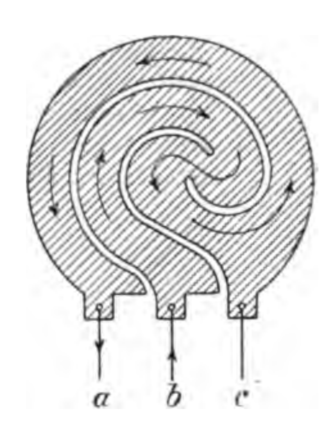
In diese Gruppe von Systemen gehören auch ein Teil der Ausführungen der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft.

6. System Prometheus: Während die bisher besprochenen Heizkörper mit blanken oder isolierten Leitern stets Draht als Widerstandsmaterial benutzen, wurde eine andere Gruppe von Heizkörpern mit Widerständen ausgestattet, bei welchen die Dicke gegenüber der Breite nahezu verschwindet. Diese Widerstände, welche die Engländer ganz treffend als „Metallfilms" bezeichnen, können in verschiedener Weise erzeugt werden. So stanzte z. B. Huntley aus ganz dünner Folie zickzack- oder spiralförmige Widerstände von beträchtlicher Länge aus, die dann auf dem Isolationsmaterial befestigt wurden. Auch durch galvanischen Niederschlag ist die

Fig. 90.







Heizelemente. System Prometheus.

Herstellung derartig dünner Widerstände möglich. Am eigentümlichsten wurde die Frage von der Firma Voigt & Häffner, jetzt Prometheus in Frankfurt a. M. gelöst. Voigt bemerkte gelegentlich der elektrischen Ausstellung in Frankfurt a. M., daß er durch einen Sicherungsdeckel aus Porzellan, welcher mit einem Glanzgoldrand verziert war, einen Kurzschluß verursachte. Dadurch wurde er auf die genügende Leitfähigkeit dieser eingebrannten Glanzgoldschichten aufmerksam und verwertete, ehe er zu Heizkörpern nach diesem System überging, diese Beobachtung zur Herstellung von Verdunkelungswiderständen bei Glühlampen, die er direkt in der Fassung unterbrachte. Die dünnen, bandförmigen Edelmetallbänder wurden in der Weise hergestellt, daß die betreffenden Streifen mit entsprechenden Lösungen auf das Isolationsmaterial gemalt wurden. Man verwendet dazu Lösungen der sogenannten Edelmetallresinate, also harzsaurer Verbindungen des Iridiums, Platins, Goldes usw. in gewissen Ölen, wie Lavendelöl usw. Beim Erhitzen der Streifen verdampft und verkohlt das Lösungsmittel, die Edelmetalle werden reduziert und in einer äußerst dünnen Schicht auf dem Isoliermaterial (Emaille, Glas, Porzellan, Glimmer usw.) eingebrannt. Die Streifen geben natürlich infolge ihrer großen Oberfläche im Verhältnis zum Querschnitt sehr rasch ihre Wärme ab und arbeiten dabei mit sehr guter kalorischer Ausbeute. Die Dicke der Streifen beträgt in der Regel nur $^1/_{3000}$ bis $^1/_{10000}$ mm.

Auch bei diesem System werden entweder runde, direkt auf Emaille eingebrannte Elemente (speziell für Kochzwecke) verwendet, wie sie in Fig. 90 schematisch dargestellt sind, oder man brennt die Edelmetallstreifen auf rechteckige Glimmerplättchen ein und setzt diese Elemente in beliebiger Kombination in Heizöfen ein. Nach Angabe von VOIGT wiegt z. B. eine Glimmerplatte von 130 × 50 mm bei 0·08 mm Dicke nur 0·6 gr und kann beiderseitig einen Heizstreifen von 240 mm Länge und 20 mm Breite aufnehmen, der bei $^1/_{4000}$ mm Dicke 33 Ω Widerstand hat, also bei 110 Volt über 3 Ampere durchläßt. Der Querschnitt beträgt also nur $^1/_{200}$ qmm, und erreicht die Stromdichte den außerordentlich hohen Wert von 600 Amp. pro qmm. Diese Glimmerheizelemente werden jetzt nahezu ausschließlich verwendet und zwar in der Weise, daß die Heizstreifen auf einer Glimmerplatte aufgebrannt, mit einem zweiten Glimmerblatt zugedeckt und das Ganze in einer Metallumhüllung eingeschlossen wird. Die Regulierung bei den Kochapparaten erfolgt auch bei diesem System in drei Stufen für stärkste und mäßige Hitze und für Warmhalten. Die drei Kontakte können, wie aus dem Schema in Fig. 90 ersichtlich, durch die dreiteilige Kontaktschnur in beliebiger Weise gestöpselt werden.

Von den vielen Formen, in welchen die PROMETHEUS-Apparate für Kochzwecke erzeugt werden, seien nachstehend wieder nur wenige Beispiele angeführt, um über Ausmaße und Stromverbrauch einige Zahlen zu geben.

Tabelle XLVII.

Einfache Kochtöpfe.

Inhalt in Litern	Anzahl Kontakte	Ampere bei 110 Volt	kg in Emaille	kg in Nickel plattiert
0·3	2	3·0	0·850	—
0·5	3	3·5	1·275	1·175
1·5	3	5·5	2·0	1·9
3·0	3	9·0	3·5	3·4
4·5	3	11·0	4·7	4·5

Tabelle XLVIII.

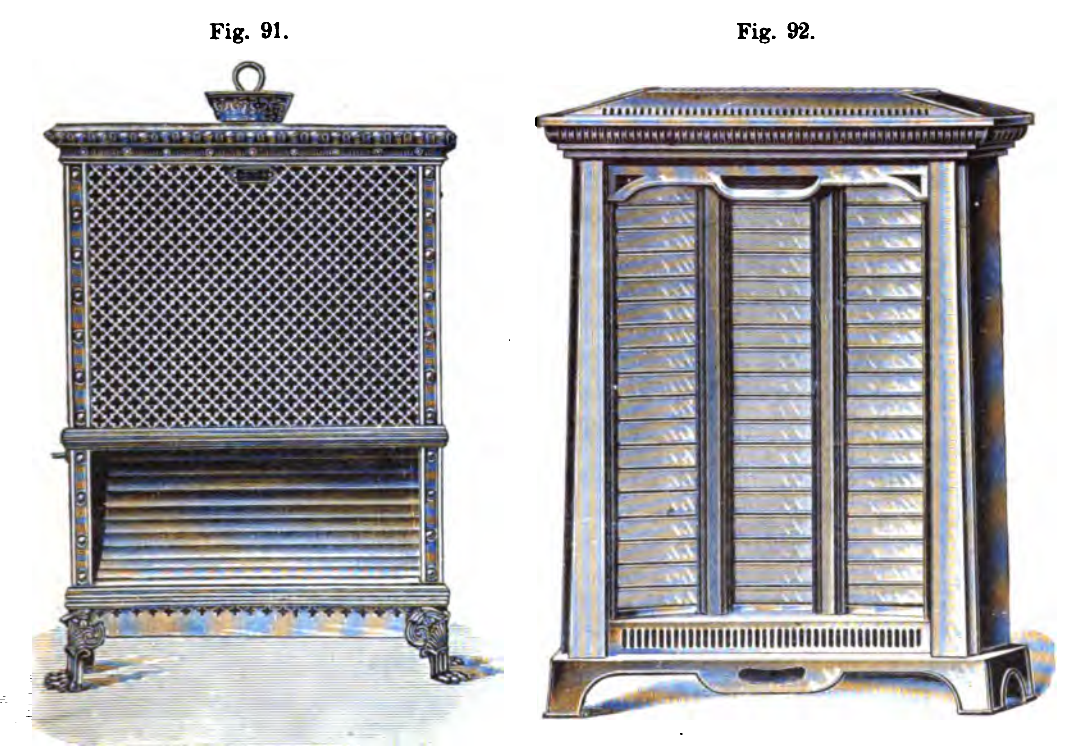
Wasserkocher aus vernickeltem Messing.

Inhalt in Litern	Anzahl Kontakte	Ampere der 110 Volt	Gewicht kg
0·25	2	2·25	0·375
0·5	2	3·75	0·6
1·0	2	5.0	0·8
1·5	2	5·5	0·9
2·0	3	7·5	1·3
3·0	3	9·0	1·7

Die Anwendungsmöglichkeiten sind die gleichen, die schon bei den früher besprochenen Systemen angeführt worden sind.

Für Raumheizung werden ebenfalls Glimmerelemente verwendet, deren Metallfassungen in die Seitenschienen leitender Rahmen geschoben werden, so daß die Elemente wie Glühlampen parallel geschaltet sind. Auch bei den Heizöfen erfolgt die Regulierung durch Kontaktstifte für drei Abstufungen. Besonders bequem ist bei diesem System die leichte Auswechselbarkeit der Elemente und das geringe Gewicht der Heizapparate.

Fig. 91. Fig. 92.



Öfen. System PROMETHEUS.

Ausführungsformen von Zimmeröfen nach System PROMETHEUS, siehe z. B. Fig. 91 und 92, sind:

Einfacher flacher Wandofen.
Einfacher stehender, flacher Ofen.
Einfacher Ofen in runder Ausführung.
Verzierter flacher Ofen mit Kupferreflektor und Lampe im Innern.
Verzierter runder Ofen mit Lampe im Innern.
Flache Öfen für Straßenbahnen.

Die Heizelemente System PROMETHEUS werden auch für gewerbliche und industrielle Zwecke schon in größerem Umfang angewendet, z. B. für Vakuumtrockenapparate, Destillierapparate, Zuckerschmelzkessel usw. Außer von der Stammfabrik, der Fabrik elektrischer Heiz- und Kochapparate „PROMETHEUS“ in Frankfurt a. M.-Bockenheim, werden diese Apparate auch von den verschiedenen Häusern der SIEMENS & HALSKE A.-G. und der SIEMENS-SCHUCKERT-Werke teils erzeugt, teils vertrieben.

Tabelle XLIX.
Öfen System Prometheus.

Ausführung	Dimension in cm Höhe	Breite oder Durchm.	Anzahl Kontakte	Ampere bei 110 Volt	Heizt im Mittel cbm	Gewicht kg
Stabile, einfache Öfen	40	22	2	4—5	12—15	1·8
	40	22	2	8—9	25—30	2·1
	53	40	2	10—11	30—35	4·2
	53	40	3	20—22	60—65	5·0
Transportable, einfache Öfen	64	36	2	10—11	30—35	5·5
	64	36	3	20—22	60—65	8·0
Einfache Öfen, runde Form	45	25	2	6—7	18—20	1·7
	45	25	3	12—14	35—40	2·1
	70	35	3	24—26	70—75	4·5
	70	35	3	36—38	110—115	5·2
	70	45	3	48—50	145—150	8·7
Verzierte Öfen, viereckig	55·5	34	2	6—7	18—20	9·5
	68	49	3	12—14	35—40	12·7
	68	49	3	24—26	70—75	14·5
Verzierte Öfen, runde Form	48	25·5	2	6—7	18—20	2·8
	74	34	3	12—14	35—40	5·2
	75	43	3	24—26	70—75	8·0

7. Diverse Systeme, bei welchen Kohlenstoff teils allein (Vogt), teils gemischt mit Ton in Formen gebracht und zu Heizkörpern gebrannt wurde, haben keine praktischen Resultate ergeben.

3. Leuchtende Heizkörper.

Von den elektrischen Lichtquellen, deren strahlende Wärme für Heizzwecke ausgenützt werden könnte, kommen nur Glühlampen oder diesen ähnliche Vorrichtungen in Betracht, während Bogenlicht für diesen Zweck mit Erfolg bisher nicht zur Verwendung gelangt ist. Bei letzterem verhindert die nicht einfache Konstruktion, der schlechte Heizgrad und die Entwickelung von Gasen eine Verwendung für Heizzwecke. Dazu kommt noch die erforderliche Bedienung, der Kohlenersatz usw.

Auch die Verwendung von Glühlicht ist nicht für allgemeine Verwendung und längere Betriebsdauer in Aussicht zu nehmen, sondern nur für vorübergehende Beanspruchung. Für diese Zwecke kommt es darauf an, einerseits Glühlampen zu verwenden, deren Lichtemission gegenüber der Wärmeabgabe möglichst zurücktritt, und andererseits durch Metallreflektoren die nach allen Seiten strahlende Wärme nach der gewünschten Richtung zu sammeln. Es werden in der Regel Glühlampen von 80 bis 125 Kerzen bis zu 120 Volt Spannung verwendet.

Es ist einleuchtend, daß die Systeme dieser Gruppe nur für Raumheizung, nicht aber für die sonstigen Heizzwecke, wie Kochen, Bügeln, Löten usw., in Frage kommen können.

Nicht zu unterschätzen ist bei den leuchtenden Heizkörpern die Lichtwirkung, welche an und für sich das Gefühl der Wärme suggeriert, weshalb man ja auch bei den Heizöfen mit isolierten Leitern meistens eine oder mehrere, in der Regel rot gefärbte Glühlampen anbringt.

Fig. 93.



Zimmerofen. System Le Roy.

1. System Le Roy: Es werden Legierungen des Siliziums in Form von geraden Stäben in längliche Glühlampen eingebaut und auf 800 bis 1000° C erhitzt. Die Stäbe müssen auswechselbar sein, da sie sich oxydieren. Die Heizelemente von Le Roy sind in der Regel für 1·2 bis 2 Ampere bei 110 Volt gebaut. Fig. 93 zeigt einen, mit solchen Heizelementen versehenen Zimmerofen.[1])

2. System Parvillée (Société anonyme des anciens établissements Parvillée frères & Co. Paris).[2]) Als Heizkörper dienen Stäbe aus einem Gemisch von Quarz, Kaolin und Nickelpulver, welche über 1000° erhitzt werden. Die Stäbe haben Messingkappen an ihren Enden und werden damit in leitende Rahmen befestigt. Vor diese Art Heizgitter werden durchbrochene Schutzwände eingesetzt. Die Öfen haben nachstehende Abmessungen.

Tabelle L.

Höhe	mm	750	300	850	950
Breite	mm	220	250	620	680
Ampere		12	24	36	60
Volt		110	110	110	110
Watt		1320	2640	3960	6600
Kalorien	ca.	1100	2200	3200	5300

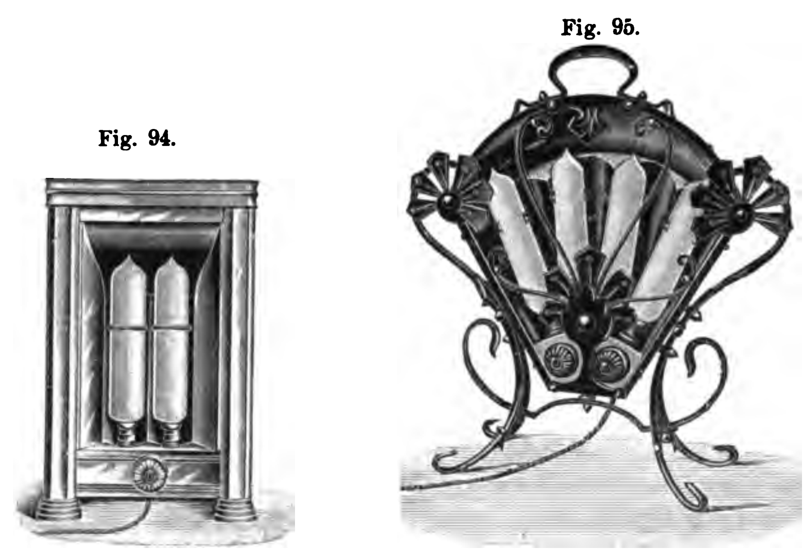
3. System Prometheus-Dowsing. Die Heizkörper bestehen aus großen Glühlampen von zylindrischer Form, die speziell für große Wärmeabgabe gebaut sind und nur bis auf rotgelbe Farbe des Fadens belastet werden. Für die Durchwärmung ganzer Räume ist der Stromverbrauch zu groß, doch eignen sich diese Heizkörper für solche Räume, in denen zu Zeiten sofort eine wirksame Heizung verlangt wird. Die Glühlampen sind für je 250 Watt bei 100, 110 oder 120 Volt gebaut. Die Öfen werden entweder mit 2 (in Summe 500 Watt) oder 4 Lampen (in Summe 1000 Watt) hergestellt, die Öfen mit 4 Lampen in zwei Stufen à 2 Lampen unterteilt. Bei 100 bis 120 Volt sind die 4 Lampen parallel geschaltet, hingegen bei 200 bis 240 Volt je

1) Voigt l. c. p. 74. 2) Heepke l. c. p. 106.

2 Lampen in Serie und die beiden Paare parallel. Die Figuren 94 und 95 zeigen einen einfachen Ofen mit 2 Lampen und einen verzierten für 4 Lampen.

Die Öfen sind mit Kupferreflektoren versehen. Die Brenndauer der Lampen wird mit ca. 1000 Stunden angegeben, wenn sie mit der normalen Spannung betrieben werden, für die sie gebaut sind.

Fig. 94. Fig. 95.



Zimmeröfen. System Dowsing-Prometheus.

Dieses System wird von den gleichen Firmen gebaut und vertrieben, die das andere Prometheus-System mit isolierten Leitern in Händen haben.

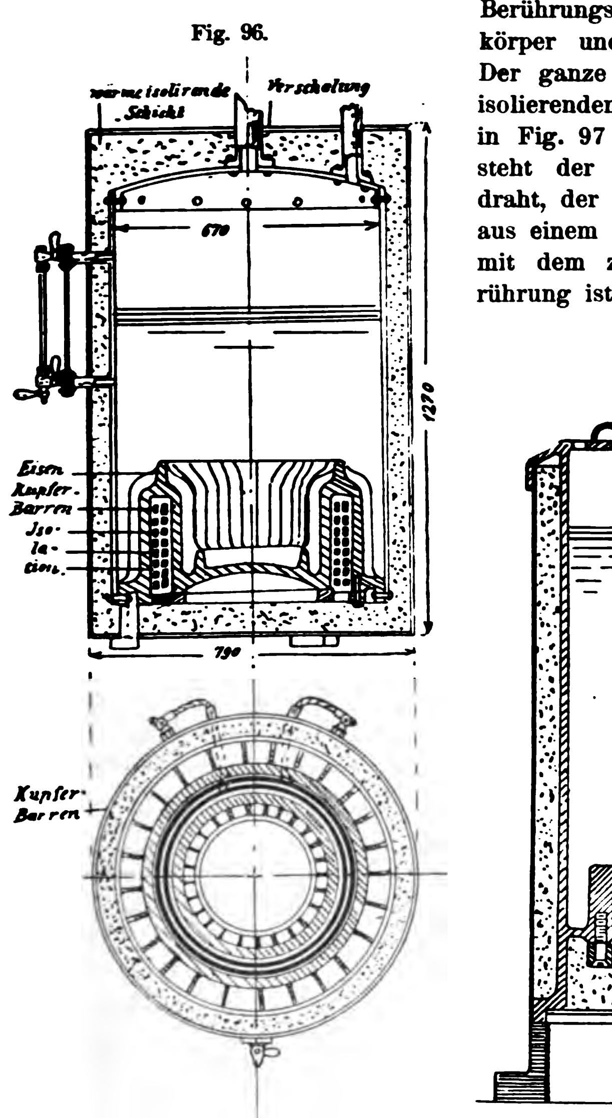
4. Heizkörper, deren Erwärmung durch Wirbelströme und Hysteresis erfolgt.

Bringen wir eine isolierte Kupferspirale, durch welche Wechselstrom fließt, mit einer Eisenplatte in Berührung, so wird sich diese durch die entstehenden Wirbelströme erwärmen. Außerdem ist der der Magnetisierung entgegentretende Widerstand durch die Koerzitivkraft zu überwinden, so daß durch die Magnetisierungsarbeit ebenfalls Wärme erzeugt wird. Gegenüber den anderen Heizvorrichtungen haben wir den prinzipiellen Unterschied, daß einerseits nur Wechselstrom verwendet werden kann, andererseits die vom Strom durchflossene Spule infolge ihrer guten Leitfähigkeit kalt bleibt und erst die als Heizkörper dienende Eisenplatte indirekt erwärmt wird. Die ausschließliche Verwendbarkeit von Wechselstrom ist jedenfalls ein Nachteil, da dieser nicht stets zur Verfügung steht und die Apparate außerdem der Wechselzahl angepaßt sein müssen. Dieser Umstand und andererseits manche Nachteile in bezug auf Platzbedarf, langsames Anwärmen, Geräusch beim Betrieb usw. haben wohl dazu beigetragen, daß Heizsysteme dieser Gruppe noch keine besondere Verbreitung gefunden haben.

1. System Alioth: Wurde von Trylski in Basel ausgearbeitet und von der Elektrizitäts-Gesellschaft Alioth in Mönchenstein bei Basel ausgeführt. In den Figuren 96 und 97 sind als Beispiele Schnitte durch einen stehenden Dampfkessel für 20 KW., 120 Volt 50 ~ und durch einen nach dem gleichen Prinzip elektrisch erhitzten Leimkocher wiedergegeben.

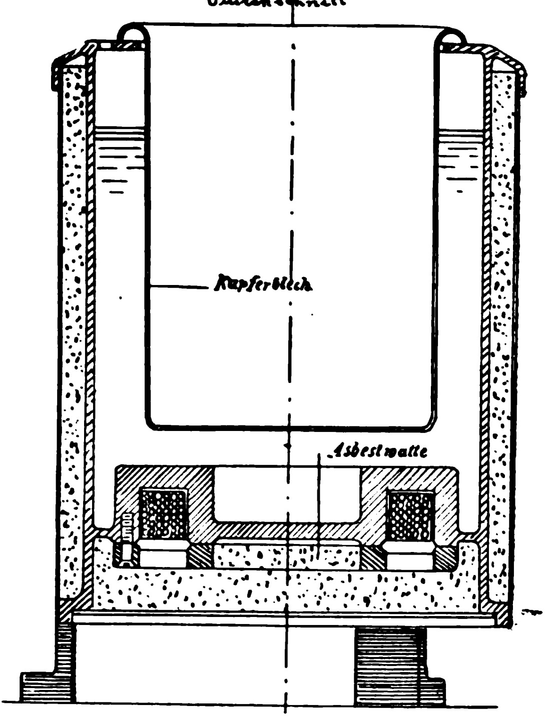
Im ersten Falle besteht die primäre Leitung aus einer vertikalen Spule aus Kupferbarren, welche in einen gußeisernen Ring mit vertikaler Höhlung und Innen- und Außenrippen eingeschoben ist. Durch die Rippen wird eine große Berührungsfläche zwischen dem Heizkörper und dem Speisewasser erzielt. Der ganze Kessel ist mit einer wärmeisolierenden Schicht umgeben. Bei dem in Fig. 97 dargestellten Leimkocher besteht der primäre Leiter aus Kupferdraht, der eigentliche Heizkörper wieder aus einem gußeisernen Ring, der direkt mit dem zu heizenden Wasser in Berührung ist.

Fig. 96.



Elektrisch geheizter stehender Dampfkessel. System ALIOTH.

Fig. 97.



Elektrisch geheizter Leimkocher. System ALIOTH.

5. Kraftverbrauch beim elektrischen Heizen und Kochen.

a) Elektrisches Kochen: Um ein Liter Wasser von 0^0 auf 100^0 C zu erwärmen, benötigen wir 100 kg-Kalorien. Da in der Regel das zu erhitzende Wasser schon eine Ausgangstemperatur von 13 bis 15^0 C hat, so sind, um ein Liter Wasser zum Kochen zu bringen, nur mehr 87 bis 85 kg-Kalorien oder, da 1 Wattstunde = 0·86 kg-Kalorien oder 1 kg-Kalorie = 1·16 Wattstunden ist, 100·9 bis 98·6 oder rund 100 Wattstunden theoretisch

7*

erforderlich. Wie weit in der Praxis an diese theoretische Stromausnutzung herangekommen wird, hängt natürlich von der Güte des Systems und dann von der Art des Kochapparates selbst ab. Bei jenen Apparaten, welche direkt in die zu erhitzende Flüssigkeit getaucht werden, den sogenannten „Siedern“, wird man der theoretischen Ausbeute am nächsten kommen, bei den eigentlichen Kochapparaten, bei welchen das zu erhitzende Gefäß von außen vom Heizkörper umgeben ist, schon schlechtere Resultate erzielen und endlich bei Heizapparaten, bei welchen die Wärme zuerst auf Heizplatten wirkt und erst von diesen an die Kochgeschirre und deren Inhalt abgegeben wird, zu den schlechtesten Ausbeuten gelangen.

Die nachstehenden Tabellen enthalten einige gutachtliche Bestimmungen des Nutzeffektes bei den gewöhnlich benutzten elektrischen Kochgeschirren:

Tabelle LI.

System CROMPTON (1895).

Nr.	kg Wasser	Temperatur		Minuten Zeit	Watt-stunden	Kalorien		Nutz-effekt
		Anf.	Ende			zugeführt	erhalten	%
1	0·45	15	100	18	75	64·5	38·25	60
2	0·34	15	100	12	51	43·86	28·90	66

Tabelle LII.

System HELBERGER (gewöhnlicher Kocher 1895).

Durchgeführt von: Elektrotechnische Versuchsstation München.

Nr.	kg Wasser	Temperatur		Zeit Se-kunden	Amp.	Volt	Watt-se-kunden	Kalorien		Nutz-effekt
		Anf.	Ende					zuge-führt	erhalten	%
1	2·07	14	98	1500	5·05	108·25	820 000	196·5	173·88	88·4
2	2·00	14	98	1420	5·03	108·25	774 000	185·7	168·0	90.5
3	1·00	14	98	660	5·38	115·14	413 000	99·2	84·0	84·7
4	1·00	12	98	705	5·17	111·1	401 000	96·4	86·0	88·2
5	1·00	28	98	570	5·17	114·1	337 000	81·0	70·0	86·4

Tabelle LIII.

System PROMETHEUS (Kochtopf 1896).

Durchgeführt von: Prof. Dr. KITTLER, Darmstadt.

Nr.	kg Wasser	Tempe-ratur-zunahme °C	Zeit Se-kunden	Ampere	Volt	Watt-se-kunden	Kalorien		Nutz-effekt
							zuge-führt	erhalten	%
1	0·300	88·5	255	4·51	114·5	131 835	31·64	26·55	83·9
2	0·400	88·5	327	4·53	114·4	169 400	40·65	35·40	87·1
3	0·400	87·8	273	4·94	125·6	169 400	40·65	35·12	86·4

Tabelle LIV.

System PROMETHEUS Kochtopf 1898. Wirkungsgrad beim Anheizen.
Durchgeführt von: Phys.-techn. Reichsanstalt.

Nr.	kg Wasser	Temperatur °C		Zeit Sekunden	Ampere	Volt	Kalorien		Nutzeffekt
		Anfang	Ende				zugeführt	erhalten	%
1	1·5	18·8	92	434	10·64	117·15	129·3	109·8	84·9
2	1·5	16·75	92	464	10·43	115·1	133·1	112·9	84·8
3	2·5	16·3	92	743	10·435	115·2	213·4	189·2	88·7
4	2·5	15·5	92	755	10·43	115·0	216·4	191·2	88·4
5	2·5	15·5	92	757	10·415	114·95	216·6	191·2	88·3

Tabelle LV.

System PROMETHEUS (Kochtopf 1898. Wirkungsgrad während des Kochens).
Durchgeführt von: Phys.-techn. Reichsanstalt.

Nr.	Zur Verdampfung von 500 g Wasser erforderlich Sekunden	Mittlere Spannung Volt	Mittlere Stromstärke Amp.	Aufgewandte Grammkalorien	Gewonnene Grammkalorien	Nutzeffekt %	Bemerkungen
1	1057	114·6	10·23	296 000	268 000	90·5	Anfänglich 2500 g
2	1056	114·5	12·22	295 300	268 000	90·7	ca. 500 g nachgefüllt
3	1072	114·3	10·20	298 800	268 000	89·7	
4	1085	113·8	10·19	300 600	268 000	89·1	mit 2500 g neu gefüllt
5	1086	113·7	10·16	299 900	268 000	89·3	1000 g nachgefüllt
6	1121	112·1	10·02	300 800	268 000	89·1	
7	1138	111·0	9·93	299 900	268 000	89·4	

Die Wirkungsgrade sind, wie zu erwarten war, im vorstehenden Falle etwas höher als beim Anheizen.

Aus den vorstehenden Tabellen ist ersichtlich, daß die elektrischen Kochapparate in verhältnismäßig kurzer Zeit einen Grad der Wärmeausnützung erreichten, der an und für sich nichts mehr zu wünschen übrig ließe und kein Hindernis für allgemeine Anwendung bilden würde. Wenn also die Kochvorrichtungen auch bezüglich Preis und Dauerhaftigkeit gerechtfertigten Ansprüchen nachkommen, was auch gewiß bejaht werden kann, so ist nur noch mit zwei Faktoren zu rechnen, dem Preis für die elektrische Energie und einem gewissen passiven Widerstand gegen Neuerungen, der besonders auf diesem Anwendungsgebiete elektrischer Einrichtungen gewiß nicht zu unterschätzen ist.

Einen Überblick über die Kosten des elektrischen Kochens bei Zugrundelegung bestimmter Strompreise geben nachstehende Tabellen über durchgeführte Kontrollaufschreibungen, die sich auf Heizapparate System PRO-

METHEUS beziehen und dem Verfasser von dieser Firma zur Verfügung gestellt wurden:

Tabelle LVI.

Gekocht für Personen	Zubereitete Gerichte	Verbraucht KWh	Kosten bei 20 Pfg. pro KWh
4	Gemüsesuppe Gehacktes Fleisch mit Beilage Braten mit Beilage	2·20	44 Pfg.
4	Fisch mit Sauce und Beilage Braten mit Beilage Süßspeise	1·8	36 Pfg.
6	Fisch mit Sauce und Beilage Braten mit zwei Beilagen Süßspeise	1·8	36 Pfg.

Über die Kosten einer längeren Benutzungsperiode in einem Haushalt von 12 Personen und zwei Kindern, häufigeren Gesellschaften von 20 bis 24 Personen, ferner inklusive elektrischem Plätten sowie teilweisem Stromverbrauch für Badezwecke und etwas Zimmerheizung werden folgende Angaben gemacht:

Tabelle LVII.

Datum		Stand des Zählers		Kilowattstunden	à 16 Pfg. Kosten
vom	bis				Mk.
9. 10.	9. 12.	281	955	674	107·84
9. 12.	3. 1.	955	1125	170	27·20
3. 1.	4. 2.	1125	1277	152	24·32
4. 2.	17. 2.	1277	1360	83	13·28
17. 2.	21. 5.	1360	1800	440	70·40

Die Kosten betrugen also für den angeführten Haushalt in 225 Tagen 243·04 Mk. oder etwas über eine Mark pro Tag.

b) Elektrisches Heizen: Der allgemeine Kraftbedarf bei der elektrischen Raumheizung ist nicht so einfach anzugeben, da es in jedem einzelnen Falle von der Größe des Raumes, seiner Lage im Gebäude bezüglich Windanprall und Himmelsrichtung, der Wärmeableitung durch die Begrenzungsflächen, der Anzahl Personen, die sich in dem Raume aufhalten, und dem dadurch geforderten Luftwechsel und selbstverständlich von dem Gefälle zwischen Innen- und Außentemperatur abhängig ist. HEEPKE[1]) hat ein-

1) HEEPKE l. c. p. 12.

gehende Rechnungsbeispiele gebracht, auf welche hier erwiesen werden soll und von welchen nur die nachstehenden Endresultate angeführt seien:

Tabelle LVIII.

Temperatur-differenz	Art des Raumes	Watt pro cbm
12—15° C	—	ca. 30
20—23° C	Kleine geschützte Räume	ca. 65
20—23° C	Größere, gut ventilierte Räume	ca. 80

In diesen Grenzen bewegen sich auch die Angaben der elektrische Raumheizungen bauenden Firmen, wie aus nachstehender Tabelle hervorgeht:

Tabelle LIX.

System	Watt pro Ofen	Heizfähigkeit cbm	Watt pro cbm
Helberger	1000—1100	25	maximal 44
	1000—2000	50	„ 40
	500—2500	60	„ 42
	1000—5000	120	„ 42
Schindler-Jenny	600	15-25	maximal 40
	600—1200	25—50	„ 48
	400—2000	40—80	„ 50
	400—2800	60—120	„ 47
	800—4000	80—160	„ 50
	800—4800	100—200	„ 48
	800—5600	120—240	„ 47
Prometheus	660—770	20—25	maximal 39
	1320—1540	40—50	„ 39
	2640—2860	70—80	„ 40
	3300—3850	100—110	„ 39
	4950—5500	140—150	„ 39
Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft	1500	30	maximal 50
	2250	45	„ 50
	3000	60	„ 50
	3750	75	„ 50
	4500	90	„ 50
	6000	120	„ 50
	7500	150	„ 50
	9000	180	„ 50

Für Straßenbahnen ist natürlich mit viel höherem Stromverbrauch zu rechnen infolge des fortwährenden Öffnens und Schließens der Türen. Die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft rechnet z. B. für 8 cbm Heizkraft einen Straßenbahnheizkörper von 1500 Watt, also rund 190 Watt pro cbm oder ca. das Vierfache des Wärmeverbrauches, den man für gewöhnliche Raumbeheizung rechnet.

Sehr detaillierte Angaben über Stromverbrauch und Kosten beim elektrischen Heizen findet man bei TORRIANO-WILLIAMS.[1]) Die Angaben beziehen sich auf Installationen in Davos mit einem Preise von 5 Cts. pro KW.-Stunde. Dieser ermöglicht es, die elektrische Heizung nicht nur vom Standpunkte der Bequemlichkeit und Hygiene in Erwägung zu ziehen.

b) Elektrische Öfen für Laboratorien und industrielle Zwecke.

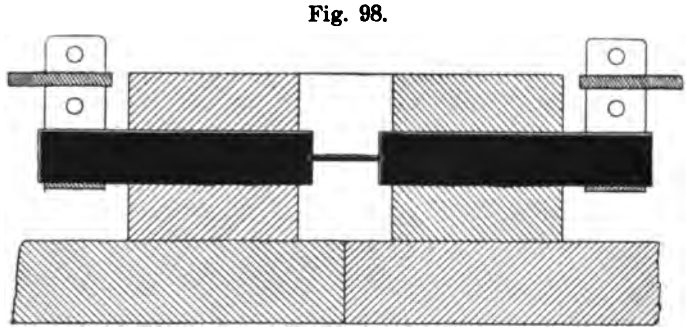
Ähnliche Prinzipien, wie sie sie beim elektrischen Raumheizen und Kochen für die Erhitzung eines mit dem Widerstand in Berührung stehenden Körpers zur Anwendung gelangt sind, wurden auch der Konstruktion von elektrischen Öfen im engeren Sinne für chemische und metallurgische Zwecke zugrunde gelegt. Wir können hier Konstruktionen unterscheiden, bei welchen

1. die zu erhitzende Substanz den Heizwiderstand umgibt, also Einrichtungen, die bei den elektrischen Kochvorrichtungen den „Siedern" entsprechen würden,
2. der Heizwiderstand die zu erhitzende Substanz entweder direkt oder unter Vermittelung einer isolierenden feuerfesten Schicht umgibt.

α) Laboratoriumsöfen.

1. Die zu erhitzende Substanz umgibt den Heizwiderstand. Die einfachste Ausführungsform eines solchen Ofens stellt der in Fig. 98

Fig. 98.



BORCHERSscher Widerstandsofen für Laboratorien.

dargestellte, im Jahre 1891 konstruierte Versuchsofen von BORCHERS dar.[2]) Bei diesem Ofen ragen durch die beiden Seitenwände einer Heizkammer aus feuerfestem Material zwei dicke Kohlenstäbe als Stromzuleitungen, welche durch einen als Widerstand dienenden dünnen Kohlenstab kurz geschlossen sind. Mit diesem Ofen führte BORCHERS seine zahlreichen Untersuchungen

1) TORRIANO-WILLIAMS, Das elektrische Heizen und Kochen. 1902. Jügelts Verlag, Auma.

2) BORCHERS, Die elektrischen Öfen. 1907, p. 48. Verlag W. Knapp, Halle a. S.

über die Reduktion für unreduzierbar gehaltener Oxyde mittels elektrisch erhitzten Kohlenstoffes durch. Alle anderen Konstruktionen für Laboratoriumsöfen dieser Gruppe lassen sich auf diese BORCHERSsche Grundform zurückführen.

2. Der Heizkörper umgibt die zu erhitzende Substanz. Hier finden wir schon eine ganze Reihe von verschiedenen Typen. Einerseits kann man je nach der Form unterscheiden:

a) Röhrenöfen, also beiderseits offene, zylindrische, meist horizontale Öfen. Dabei kann der Ofen direkt aus dem Leiter, z. B. einem Rohr aus Kohle, Iridium usw. bestehen, oder er wird von einem Rohr aus feuerbeständigem isolierenden Material (Glas, Ton usw.) gebildet, welches durch herumgelegte Metallwiderstände (Drähte, Folien) zur Erhitzung gebracht wird.

b) Muffelöfen, also ebenfalls meist horizontale, aber nur einseitig offene, rohrförmige Öfen mit ebenem Boden und Gasabzugsvorrichtungen.

c) Tiegelöfen, also meist vertikale Öfen mit einseitiger, oberer Öffnung.

In den meisten Fällen wird bei den Muffel- und Tiegelöfen durch den Heizwiderstand erst ein feuerfester Isolator erhitzt, der die zu behandelnde Substanz umgibt.

Nach der Form und dem Material der Heizwiderstände lassen sich andererseits die nachstehenden wichtigsten Formen unterscheiden:

1. Ofen von W. C. Heraeus, Hanau. Um die Herstellung von in diese Gruppe fallenden Laboratoriumsöfen hat sich diese Firma große Verdienste erworben, als sie im Jahre 1901 die Fabrikation von elektrischen Röhrenöfen mit Platinfolienbewickelung (DRP. 142152) aufnahm. Dabei wurde besonderer Wert darauf gelegt, daß die Platinfolie in solcher Stärke angewendet wird, daß sie einerseits dick genug ist, um ohne einen besonderen Träger auf den zu heizenden Körper aufgelegt werden zu können, und andererseits dünn genug, um sich den zu heizenden Flächen gut anzuschmiegen. Bei diesen Öfen wurde eine Platinfolie von 0·007 mm Stärke um ein Porzellanrohr oder ein Rohr aus MARQUARDTscher Masse gelegt und fest angepreßt. Hierdurch wurde eine sehr günstige Wärmeübertragung bei sparsamem Platinverbrauch erzielt. Das Umwickeln geschieht derart, daß zwischen den einzelnen Windungen ein Zwischenraum von nur wenigen Millimetern Breite unbelegt bleibt, die Oberfläche des Rohres also nahezu vollkommen bedeckt ist. Diese Anordnung ermöglicht gegenüber der Verwendung von Platindraht ein wesentlich geringeres Platingewicht, eine höhere Belastung des Widerstandes und eine gleichmäßige Verteilung der Erhitzung auf der ganzen Rohroberfläche.

Ein Röhrenofen von etwa 25 mm Rohrweite läßt sich in etwa 5 Minuten auf 1400 ^{0} C bringen, ohne daß das Rohr Schaden leidet. Es können vorübergehend Temperaturen von über 1700 ^{0} C erreicht werden, ohne daß die Folie durchschmilzt. Leider sind den erzielbaren Temperaturen durch das Rohrmaterial Grenzen gesteckt, denn selbst die MARQUARDTsche Masse ist dauernden Beanspruchungen bei 1500 bis 1600 ^{0} C nicht gewachsen. Das Rohr wird bei den hohen Temperaturen leitend und es tritt Elektrolyse ein, durch welche das Rohr korrodiert und die Folie durch Siliziumaufnahme zerstört wird. Durch Abänderung der Folienbreite lassen sich diese Öfen für beliebige Spannungen bauen.

Die Öfen werden meistens als Horizontalöfen entweder mit glasierten oder unglasierten Rohren aus MARQUARDTscher Masse gebaut. Unglasierte Rohre lassen höhere Temperaturen zu, sind aber durchlässig für Gase. Zwei

solche Öfen mit verschieden weiten Rohren sind in den Figuren 99 und 100 dargestellt.

Je nach den Abmessungen haben diese Öfen den nachstehenden Stromverbrauch:

Tabelle LX.

Lichte Rohrweite in mm	20					30						40			50			65		
Höchsttemperatur °C	1500					1450						1450			1450			1400		
Rohrlänge cm	60	60	44	44	22	60	60	40	30	40	20	60	60	30	60	60	30	60	60	30
Länge des bewickelten Rohrteiles cm	45	33	33	20	15	60	30	40	30	20	20	60	30	30	60	30	30	60	30	30
Stromverbrauch ca. Watt	2000	1500	1500	1100	800	3000	2200	2400	2100	1600	1600	3300	2400	2400	3600	2600	2600	4200	3000	3000

Fig. 99.

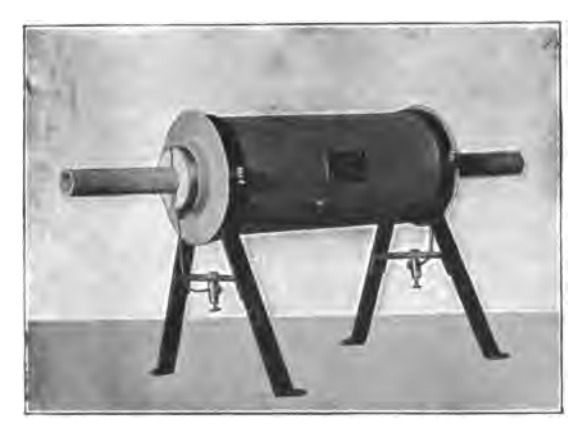


Fig. 100.



Röhrenöfen von W. C. Heraeus, Hanau.

Die Öfen sind für spezielle Verwendungszwecke auch kippbar eingerichtet, und zeigt Fig. 101 einen solchen Ofen.

Da für Laboratoriumszwecke oft auch Abschluß der Luft oder das Arbeiten in besonderen Gasen erforderlich ist, werden die Öfen auch in der Weise ausgeführt, daß das Erhitzungsrohr mit luftdichten Flanschenverschlüssen versehen wird, an denen sich zwei Rohrstutzen befinden, durch welche die Gasleitungen und die Zuleitungen für das Thermoelement geführt werden. In die Flanschen sind Glimmerscheiben eingesetzt, um die Vorgänge im Rohre beobachten zu können. Einen derartig ausgeführten Ofen zeigt Fig. 102.

Oft kommt es darauf an, solche Röhrenöfen in vertikaler Lage zu gebrauchen, wenn sie z. B. über einen schmalen Tiegel, welcher im Rohr er-

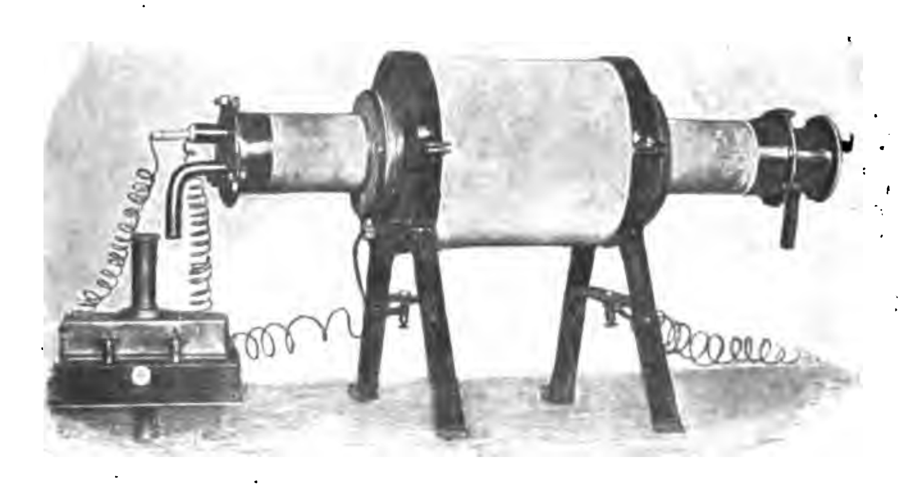
hitzt werden soll und auf einer säulenartigen Unterlage ruht, geschoben werden sollen. Für solche Zwecke werden diese Röhrenöfen an einem Ge-

Fig. 101.



Kippbarer Röhrenofen von W. C. Heraeus, Hanau.

Fig. 102.



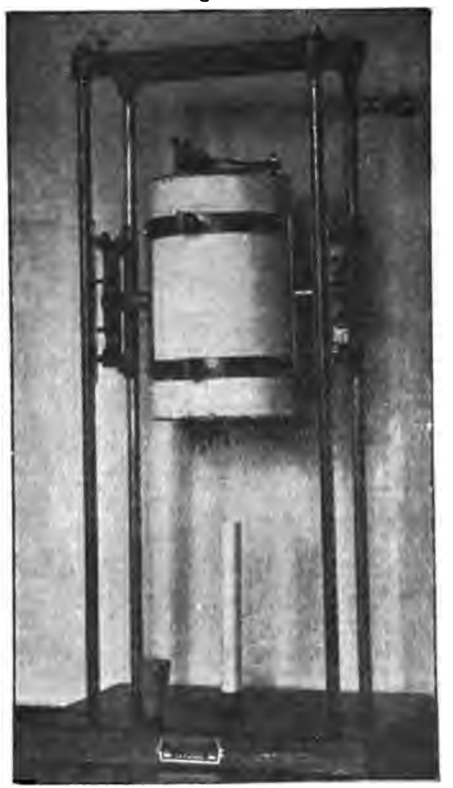
Geschlossener Röhrenofen von W. C. Heraeus, Hanau.

stell vertikal verschiebbar angebracht, hängen an zwei Drahtseilen und können mittels einer Kurbel leicht gehoben und gesenkt werden. (Siehe Fig. 103.)

Außer diesen normalen Ausführungen baut die Firma Heraeus auch spezielle Typen für besondere Zwecke, wie Zuckerveraschungen, organische

Elementaranalyse usw. So besteht z. B. der in Fig. 104 dargestellte elektrische Verbrennungsofen aus zwei voneinander unabhängigen, mit Rollen auf einer Schlittenbahn verschiebbaren Röhrenöfen von 3 mm lichter Weite, von denen der eine 300 mm lange zur Erhitzung des Kupferoxyds, der andere von 200 mm Länge zur Verbrennung der Substanz dient. Durch beide Öfen ist eine auswechselbare, mit Asbestpappe ausgelegte eiserne Rinne frei durchgeführt, welche das Verbrennungsrohr aufnimmt. Beide Öfen zusammen verbrauchen etwa 800 bis 900 Watt.

Fig. 103.



Verschiebbarer, vertikaler Röhrenofen von W. C. Heraeus, Hanau.

Die Details über die Verwendung derartiger Spezialöfen sind nur für den Chemiker von größerem Interesse und sei daher auf die bezüglichen Sonderveröffentlichungen verwiesen.[1])

Um den Bedürfnissen der Laboratorien nach elektrischen Widerstandsöfen für mittlere Temperaturen in einer für die allgemeine Verwendung zweckmäßigeren Form nachzukommen, als sie die Röhrenöfen aufweisen, mußte die Firma Heraeus von der Anwendung der Platinfolie teilweise wieder abgehen. Mit dieser war es nicht möglich, andere Formen herzustellen, da nur bei runden Rohren die Platinfolie auf dem Heizkörper fest anliegen bleibt, während sie bei anders gestalteten Körpern sich leicht loslöst, wodurch schlechte Wärmeübertragung und ein baldiges Durchschmelzen des Platins bewirkt wird. Ebenso zeigte es sich, daß ein Anschmelzen der Folie an die Heizkörper unstatthaft ist, da der verschiedene Ausdehnungskoeffizient ein Reißen der Folie verursacht. Heraeus arbeitete daher für muffelförmige Öfen ein anderes System aus, bei welchem ein feinmaschiges Platinnetz aus dünnem Draht verwendet wird. Solche Öfen, von denen einer in Fig. 105 dargestellt ist, sind speziell für chemische und metallurgische Zwecke, keramische und Emaillierarbeiten, zum Härten, Glühen usw. bestimmt. Sie sind für eine regulierbare Temperatur von 700 bis 1200° gebaut. Das Drahtnetz ist in dünne Streifen geschnitten und mit Hilfe einer Glasur in

1) Dölter, Zentralblatt für Mineralogie Nr. 14, 1902.
Steffens, Die deutsche Zuckerindustrie Nr. 36, 1902.
Krafft, Berichte der Deutsch. Chem. Ges. Nr. 8, 1903.
F. v. Konek, Chemiker Zeitung Nr. 94, 1904.
Emich, Beiblätter zu den Annalen d. Phys. Nr. 8, 1904.
Lunge, Zeitschr. für ang. Chemie p. 1041, 1904.
Heyn, Zeitschr. für anorg. Chemie Nr. 1, 1905.
Holde, Chem. Berichte Nr 7, 1906.

dem Heizkörper fest eingebaut. Da auch die Rückwand mit dem Netz belegt werden kann, ist die Erhitzung des Muffelraumes eine möglichst gleichmäßige. Der erforderliche Vorschaltwiderstand ist in das Fußgestell des Ofens direkt eingebaut. Bei diesem Ofen ist eine sinnreiche Sicherheits-

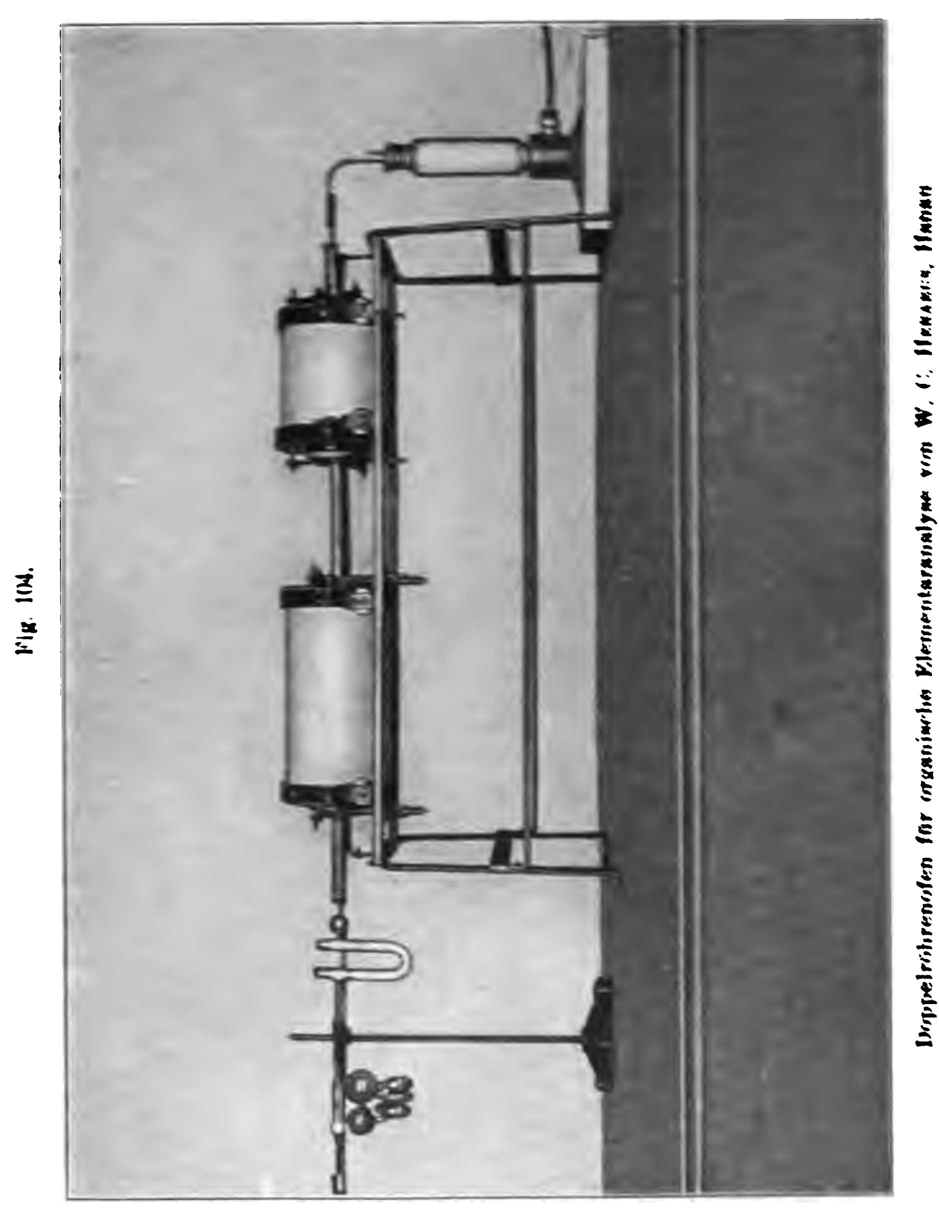


Fig. 104.

Doppelröhrenofen für organische Elementaranalyse von W. C. Heraeus, Hanau.

vorrichtung angebracht, um sie vor Überlastung zu schützen. Sie besteht aus einem in die Ummantelung des Glühraums nach Art einer Sicherung eingebauten, bügelförmigen Golddraht. Bei Einschaltung des Ofens wird der Vorschaltwiderstand zunächst so gestellt, daß der durch eine Glimmerscheibe von außen sichtbare Golddraht eben zum Glühen gelangt. Mit steigender Temperatur der Muffel sinkt die Stromstärke, was sich durch Abkühlung

des Golddrahtes bemerklich macht. Es wird also so viel Vorschaltwiderstand ausgeschaltet, daß der Golddraht wieder ins Glühen kommt. Da der Schaudraht später nicht nur durch den Strom, sondern auch durch die Hitze

Fig. 105.



Elektrischer Muffelofen von W. C. Heraeus, Hanau.

des Ofens selbst erwärmt wird, so ist er immer auf beginnender Rotglut zu halten.

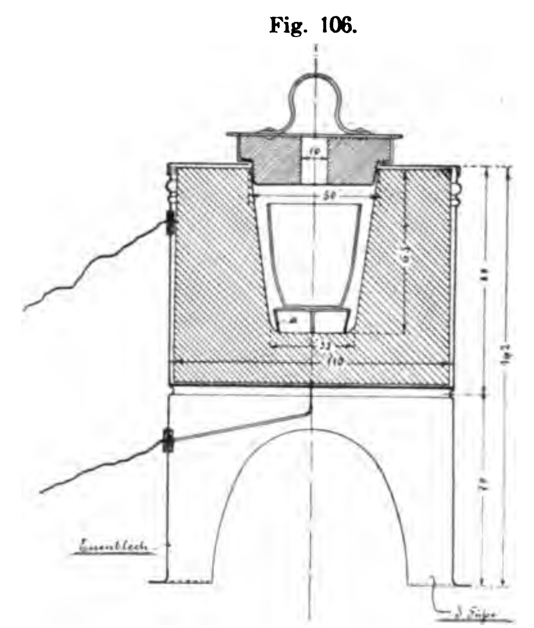
Die nachstehende Tabelle gibt die Ausmaße und den Stromverbrauch derartiger Öfen an.

Tabelle LXI.

Nr.	Lichte Maße, mm			Spannung Volt	Ampere Stromverbrauch bei Höchsttemperatur von		
	lang	breit	hoch		800°	1000°	1200°
1	155	90	65	110	5	7	10
1	155	90	65	220	2·5	3·5	5
2	220	130	85	110	10	14	20
2	220	130	85	220	5	7	10

Ein drittes System hat die Firma Heraeus ausgearbeitet, um das Erhitzen kleiner Tiegel, wie es im chemischen Laboratorium häufig vorkommt, auf elektrischem Wege zu ermöglichen. Das Prinzip besteht darin, daß auf einem Kern von beliebiger Gestalt, z. B. Tiegelform, ein organisches Gewebe gespannt wird, auf welches der Platindraht in Spiral- oder Zickzackform je nach Bedarf genäht wird. Um diesen bewickelten Kern wird dann die Chamottemasse geformt, der Kern nach dem Trocknen entfernt und das Gewebe abgebrannt. Dadurch ist der Heizwiderstand in dem Heizkörper vollständig eingebettet. Außer bei kleinen Öfen zum Erhitzen von Tiegeln wird dieses System auch für zahnärztliche Öfen angewendet, bei welchen es insbesondere auf gleichmäßige Temperatur und auf die Abwesenheit reduzierender Gase ankommt, welche die Färbung der Emaille leicht verderben können.

Fig. 106.



Elektrischer Tiegelofen von W. C. Heraeus, Hanau.

Ein solcher elektrischer Tiegelofen für Laboratoriumszwecke ist in Fig. 106 dargestellt. Im Laboratorium ist ebenfalls für viele Bestimmungen die Abwesenheit reduzierender Gase von Vorteil, und ersetzen dann derartige Öfchen den Bunsenbrenner und das Gebläse. Die Öfen haben sich speziell für Phosphatanalysen gut eingeführt. Der dargestellte Ofen verbraucht ca. 300 Watt und wird für Spannungen bis 220 Volt gebaut.

Für besonders hohe Temperaturen, bis etwa 2000°, baut die Firma Heraeus Rohröfen aus Iridium. Diese waren ursprünglich für Knallgasheizung eingerichtet, und ging man später, besonders auf Anregung von Nernst, der diese Öfen für Dampfdichtebestimmungen bei hohen Temperaturen benützte, zu elektrischer Heizung über. Das Heizrohr von 200 mm Länge

und 40 mm lichter Weite besteht bei diesen Öfen aus Iridium von etwa 0·2 bis 0·3 mm Stärke. Es sind infolgedessen hohe Stromstärken bei niederer Spannung (für 1200° C etwa 1200 A bei 5 Volt) erforderlich, und betreibt man diese Öfen daher am besten mit transformiertem Wechselstrom. Besondere Sorgfalt erfordert die Konstruktion der Stromzuführung zu dem Iridiumrohr. Es sind an dieses 1·5 mm starke Platinflanschen angesetzt, doch ragt die Verbindungsstelle mehr als 1 cm über die Platinflanschen hinaus, um infolge der hierdurch bewirkten Luftkühlung ein Aufschmelzen des Platins auf das über Platinschmelztemperatur erhitzte Iridium zu verhindern. Die Platinflanschen werden dann von starken, 100 mm breiten Silberscheiben gefaßt, die mit gebogenen elastischen Bändern an die Stromzuführung angeschraubt sind. Diese elastischen Silberbänder gestatten die freie Ausdehnung des Iridiumrohrs, welche bei der hohen Temperatur doch immerhin schon merklich ist.

Fig. 107.



Tiegelofen der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt in Frankfurt a. M.

Um eine Wärmeableitung möglichst zu vermeiden, ist das Iridiumrohr von einem zweiteiligen, 60 mm weiten Rohr aus geschmolzener Magnesia umgeben, welches wieder in einem weiteren Chamotterohr steckt, während der Zwischenraum mit gekörnter, geschmolzener Magnesia ausgefüllt ist. Der Ofen erhält dann noch zwei kräftige Kupferrahmen für die Zuleitungen, welche isoliert auf dem Wärmeschutzkörper aufgeschraubt werden können, so daß eine bequeme Verwendung des Ofens in vertikaler und horizontaler Lage möglich ist.

2. Öfen der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt in Frankfurt a. M. Diese Firma baut ihre Widerstandsöfen für Laboratoriumszwecke mit Platindrahtbewickelung und für Temperaturen bis etwa 1250°.

Der Röhrenofen dieser Firma zur Erhitzung von Porzellanröhren von 700 mm Länge und 30 mm lichtem, 40 mm äußerem Durchmesser benötigt 15 Ampere bei 110 Volt. Das Heizrohr hat im Innern 350 mm Länge und 45 mm Durchmesser.

Die elektrischen Tiegelöfen (Fig. 107) baut die genannte Firma in nachstehenden Abmessungen:

Tabelle LXII.

	1	2	3
Stromstärke, Ampere	13	13	13
Spannung, Volt	110	110	110
Erzielbare konstante Temperatur, °C	1250	1250	1250
Heizraum: hoch, mm	105	120	165
Durchmesser, mm	50	60	90
Gewicht des Ofens, kg	4	5	10

Muffelöfen für zahnärztliche Zwecke der genannten Firma haben nachstehende Abmessungen:

Tabelle LXIII.

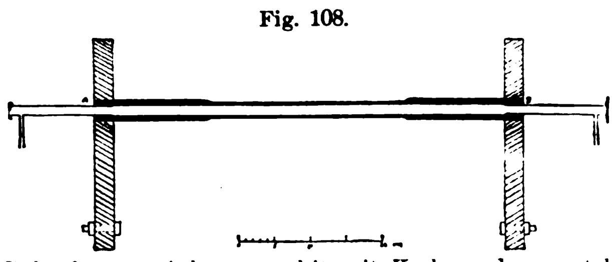
		1	2
Stromstärke, Ampere		11·5	15
Spannung, Volt		110	65
Erreichbare Temperatur, °C		1250	1250
Maße der Muffel, mm	lang	90	90
	breit	78	78
	hoch	47	47
Gewicht, kg		5·5	5·5

3. Öfen aus nichtmetallischen Leitern. a) aus Kohle: Schon 1849 hatte DEPRETZ für Versuchszwecke ein 7 mm weites und 23 mm langes Rohr aus Zuckerkohle elektrisch erhitzt, um Reaktionen im Innern des Rohres vornehmen zu können.[1])

Die Verwendung von Kohlenrohren für derartige Widerstandsöfen bietet zwei Schwierigkeiten. Diese sind einerseits das Abbrennen der Kohle an der Atmosphäre beim Glühen, so daß Schutzmäntel und Kühlvorrichtungen an den Enden der Rohre erforderlich sind, andererseits die Durchlässigkeit der Kohle für Gase und die Bildung von gasförmigen Verbindungen durch Einwirkung der Atmosphäre oder des Rohrinhaltes auf die glühende Kohle.

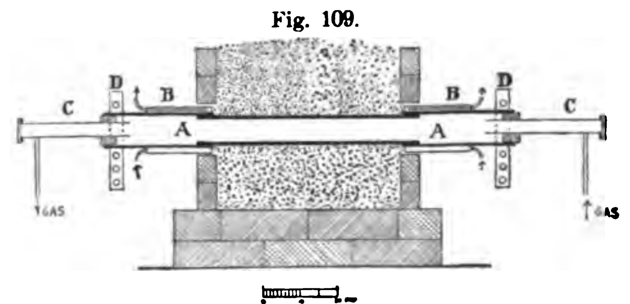
In neuerer Zeit haben HUTTON und PATTERSON die Verwendung von Widerstandsrohren aus Kohle für Laboratoriumszwecke wieder aufgegriffen. In den Figuren 108 bis 110 sind drei Typen solcher Kohlenrohröfen schematisch wiedergegeben.[2])

Fig. 108.



Rohrofen aus Achesongraphit mit Karborundummantel und Glasrohransatz.

Fig. 109.



Rohrofen aus Bogenlichtkohle mit Karborundummantel und Kupferrohransatz.

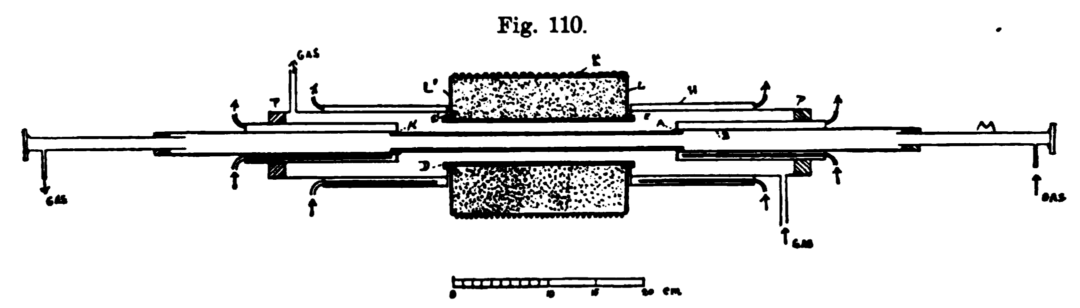
1) BORCHERS, Die elektrischen Öfen 1907, p. 47. Verlag W. Knapp, Halle a. S.

2) Electrochemical and Metallurgical Industry 1905, p. 455. Siehe auch: Zeitschrift für chemische Apparatenkunde I. Nr. 14, p. 380.

Die einfachste, in Fig. 108 wiedergegebene Form besteht aus einem ausgebohrten, 3 cm dicken Stab aus ACHESON-Graphit, welcher an den Enden in zwei Graphitplatten eingeschraubt ist. Die Verlängerungen bei *A B* für die Zu- und Abfuhr von Gasen bestehen aus Glasrohren. Der mittlere Teil des Rohres wird von einem schlechten Wärmeleiter, z. B. Karborundum umgeben. Das Karborundum wirkt auch reduzierend und schützt das Kohlenstoffrohr vor dem Verbrennen. Ein Rohr von 28 cm Länge, 2 cm äußerem und 1·5 mm innerem Durchmesser zeigte bei 8·2 Volt 295, bei 9·6 Volt 320 Ampere Stromaufnahme.

Bei der in in Fig. 109 dargestellten, schon komplizierteren Form ist das Kohlenrohr an seinen Enden bei *A* verkupfert und in Kupferrohre ein-

Fig. 110.



Doppelwandiger Rohrofen aus Bogenlichtkohle; Erhitzungsrohr mit Wasserstoff, Isolierrohr mit Karborundum umgeben.

gelötet, welche von einer Wasserkühlung *B* umgeben sind. An diese Kupferrohre sind mittels Kautschukstöpseln die Glasrohre *C* für die Gasleitung und die Stromzuführungsklemmen *D* angesetzt. Das Kohlenrohr ist wieder in Karborundum eingebettet. Bei dieser Anordnung beanspruchte ein Rohr von 27 cm Länge, 2 cm äußerem und 1·5 cm innerem Durchmesser bei 7·7 Volt 140 Ampere, bei 16·4 Volt 235 Ampere, ein solches von 60 cm Länge, 8·2 cm äußerem und 6·7 cm innerem Durchmesser bei 8·6 Volt 600, bei 13·0 Volt 850 Ampere.

Die dritte Anordnung in Fig. 110 ist mit einem Doppelrohr versehen. Das eigentliche Erhitzungsrohr *A* aus Kohle ist wie oben an die Kupferrohre *B* angeschlossen, welche mit Wasserkühlung versehen sind. Um *A* ist ein konzentrisches Kohlenstoffrohr *EE'* angeordnet, welches ebenfalls an mit Wasser gekühlte Kupferrohre *H* angeschlossen ist. Der Raum zwischen den beiden Kohlenrohren ist gasdicht abgeschlossen. Das äußere Rohr liegt in granulierter Wärmeisolationsmasse, die zwischen der Asbeströhre *K* und den Asbestwänden *L* eingefüllt ist. In dem Raum zwischen den beiden Kohlenstoffrohren wird Wasserstoff durchgeleitet. Derartige Rohre von den in der Figur angegebenen Abmessungen erforderten bei 21 Volt 200, bei 25 Volt 240 Ampere.

b) Aus Leitern zweiter Klasse: Um die störende Bildung von Kohlenwasserstoffen bei der Verwendung von Kohlenrohren zu vermeiden, hat HARKER Rohre aus einem Gemisch von Zirkonerde und Yttrium hergestellt, in welche Platindrähte als Stromzuleitung eingesetzt waren. Diese Rohre werden entweder durch vorheriges Erwärmen auf gewöhnlichem Wege oder durch elektrisches Anheizen mit einer Nickeldrahtspirale leitend gemacht.

Ein Rohr von 22 mm Länge wurde mit 1 Ampere 120 Volt auf eine Temperatur von 1600° C gebracht.

β) Industrielle Öfen.

1. Die zu erhitzende Substanz umgibt den Heizwiderstand. Industrielle Öfen nach dem Prinzip des in Fig. 98 dargestellten BORCHERSschen Versuchsofens mit einem Erhitzungskern aus einem zusammenhängenden Leiter haben keine besondere Verbreitung gefunden. Die meisten derartigen Öfen, welche in der Industrie Anwendung gefunden haben, verwenden Kerne aus stückigem Material, worauf wir im nächsten Abschnitt zurückkommen.

Bei der früher ausgeübten Herstellung von Aluminiumlegierungen nach dem COWLES-Verfahren wurden bei Beginn der Charge zwei sich berührende Kohlenstabbündel verwendet, welche von dem zu reduzierenden Material umgeben waren. Das Verfahren ist aber durch die neueren Methoden der elektrolytischen Aluminiumgewinnung im Schmelzfluß verdrängt worden. Es mangelte nicht an Vorschlägen, derartige, aus einem Stück bestehende Erhitzungskerne direkt in die Beschickung einzubauen und für elektrometallurgische Operationen zu verwenden, doch sind sie, trotz der Einfachheit des Prinzips, nicht zu industrieller Anwendung gelangt. Auch in neuester Zeit wieder aufgenommene Bestrebungen dieser Richtung bei der Stickstoffverwertung und in der Elektrometallurgie des Zinks sind noch nicht so weit entwickelt, als daß sich eine Besprechung an dieser Stelle rechtfertigen ließe.

2. Der Heizkörper umgibt die zu erhitzende Substanz. Auch hier kann man von industriellen Anwendungen im eigentlichen Sinne des Wortes nicht sprechen. BORCHERS hat zwar im kleineren Maßstabe einen elektrisch geheizten Röstofen ausgebildet,[1] bei welchem ein rotierendes Horizontalrohr aus isolierendem Material (Porzellan) mit äußeren Heizwindungen aus Nickeldraht zur Anwendung kam, doch sind die Abmessungen noch keine solchen, daß man von einem industriellen Apparate sprechen kann, und wäre diese Vorrichtung eher unter die im vorhergehenden Abschnitte besprochenen Röhrenöfen für Laboratoriumszwecke einzureihen.

B. Der Widerstand besteht aus einzelnen, sich berührenden Teilen. (Stückige Leiter.)

Für viele Zwecke, wo die Verwendung starrer, aus einem Stück bestehender Heizwiderstände in der Praxis Schwierigkeiten verursacht, benützt man aus stückigem Material gebaute Widerstände, für welche hauptsächlich verschiedene Kohlensorten mit oder ohne Zumischung von anderen, leitenden oder nichtleitenden Körpern in Frage kommen. Solche stückige Widerstände können entweder als Kerne in die zu erhitzende Beschickung direkt eingebaut sein, welche Anwendungsart wir bei mehreren, speziell in den Vereinigten Staaten im industriellen Betrieb stehenden, elektrothermischen Verfahren (Karborundum, künstlicher Graphit usw.) vorfinden, oder es umgehen die Widerstände von außen Vorrichtungen verschiedenster Form, die elektrisch erhitzt werden sollen. Wenn aber auch die Anwendung von Widerstandsmaterialien in stückiger Form schon lange bekannt ist, so hat man

---

1) BORCHERS, Die elektrischen Öfen, 1907, p. 62. Verlag W. Knapp, Halle a. S.

erst in neuerer Zeit, besonders bei der Ausbildung des sogenannten Kryptol-Verfahrens, die Anwendung und das Verhalten derartiger stückiger Widerstände eingehender studiert. Der Phantasiename Kryptol bezeichnet also nicht an und für sich die Anwendung kohlenstoffhaltigen Widerstandsmaterials in Stücken, auch nicht die Zumischung sonstiger leitender oder isolierender Körper je nach der gewünschten höheren oder geringeren Leitfähigkeit, sondern bezeichnet vielmehr Bedingungen in der Herstellung derartiger Widerstandskörper, welche es ermöglichen, bestimmte Leitfähigkeiten zu erzielen, diese durch Zusätze abzustufen und dem jeweiligen Verwendungszweck besonders geeignete Körnungen anzupassen.

Aus den vielen, dem Verfasser von der Kryptol-Gesellschaft zur Verfügung gestellten Veröffentlichungen [1]) über dieses Heizverfahren geht hervor, daß das gekörnte Material sowohl aus reinem Kohlenstoff als aus Mischungen von solchem mit Karborundum, Silikaten, Glas, feuerbeständigen Salzen usw. bestehen kann. Wir haben also unter den Zusätzen auch solche, welche bei höheren Temperaturen leiten, bevor sie noch in Schmelzfluß kommen. Die Gemische werden zu Briketts geformt und dann nochmals zerkleinert. Bei der Körnung wird darauf hingearbeitet, Körner mit runden Oberflächen von Kugel- oder Linsenform zu erzielen. Eventuell noch vorhandene Kanten, Spitzen oder Blättchen werden entfernt, indem man das Material vor der Verwendung elektrisch stark durchglüht, wobei die Blättchen verbrennen und die Spitzen und Kanten sich abrunden. Die Körner werden durch Siebe mit runden Öffnungen genau gesiebt und kommen mit einem Durchmesser von 0·5 bis 1·5 mm zur Verwendung. Für diese ist die Stromart, ob Gleich-, Wechsel- oder Drehstrom, ohne Einfluß.

Das Material als solches ließe, soweit der Kohlenstoff in Frage kommt, natürlich eine Erhitzung bis zu dessen Verdampfung zu, doch sind einer solchen Beanspruchung Grenzen gesetzt, die einerseits in der Reduktion von Kieselsäure in den Beimengungen durch den Kohlenstoff gezogen sind, andererseits durch den Umstand gegeben werden, daß für die zu erhitzenden Gefäße keine Materialien bekannt sind, die derartigen Temperaturen wider-

---

1) Bermbach, Das Kryptol und seine Anwendungen. Elektrotechnischer Anzeiger XXI, 1904, Nr. 60–61.

Bronn, Zur Anwendung lose geschichteter, kleinstückiger Leiter für elektrische Heizwiderstände. ETZ. 1906, Nr. 9.

Buss, Neuer elektrischer Heizwiderstand. Prometheus XV, 1904, p. 551.

Heepke, Das Kryptol-Heizsystem. Zeitschrift für Lüftung, Heizung und Beleuchtung, XI, 1906, Nr. 1.

Geub, Kryptol und seine Anwendung. Mitteilungen für den Eisenwarenhandel, 1905, Nr. 22.

Schoenbeck, Die elektrische Heizung mit Kryptol. Allgemeine Chemiker-Zeitung, V, 1905, Nr. 35.

Schüberg, Über das lose geschichtete Widerstandsmaterial „Kryptol“ und die daraus hervorgegangenen Wärme- und Heizapparate. Zeitschrift für chemische Apparatenkunde, 1906, Nr. 17.

Verwer, Elektrische Widerstandsöfen und Heizvorrichtungen der Kryptol-Gesellschaft. Ton-Industrie-Zeitung, 1905, p. 991.

Voelker, Vorführung elektrischer Widerstandsöfen nach dem Kryptolsystem. Verhandlungen des Vereines zur Beförderung des Gewerbfleißes, 1904, Nr. 5.

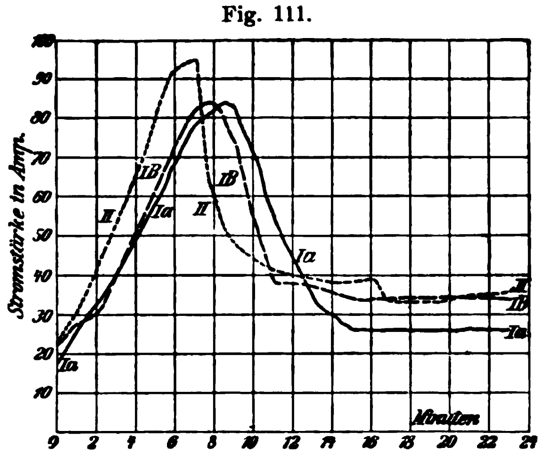
Voelker, Heizpatronen. Annalen der Elektrotechnik, 1906, Nr. 1.

Wiesler, Kryptol, ein neuer elektrischer Heizwiderstand. Dinglers polytechnisches Journal. 320. Heft 26, 1905.

stehen. Man kann also die zulässige obere Temperaturgrenze wohl mit 2000° C annehmen. Doch auch diese Temperaturen wurden verhältnismäßig selten gefordert, und kommen für die meisten Zwecke (Raumheizung, Kochen, Trocknen usw.) viel niedrigere Temperaturen in Frage.

Über das Verhalten gekörnter Widerstandskörper im Stromkreis sind die Meinungen noch geteilt. Während von mancher Seite ein gleichzeitiges Zusammenwirken von zahllosen kleinen Lichtbögen mit direkter Widerstandsheizung angenommen wird, treten andere Fachleute, z. B. Bronn, dieser Anschauung und anscheinend mit Recht entgegen. Bronn begründet (l. c.) dies damit, daß man keine Minimalspannung feststellen kann, bei welcher das Leuchten der Widerstandsmasse nicht mehr eintritt, daß ferner in ihr sowohl sehr starke als auch sehr schwache Temperaturerhöhungen erzeugt werden können. Es tritt zwar besonders beim Einschalten ein Leuchten ein, welches die Annahme vieler kleiner Lichtbögen nahelegt, doch tritt es stets nur an wenigen Stellen auf, und kann man bei entsprechender Schichtung der Körner diese Lichterscheinung derart zurückdrängen, daß man auch im Dunkeln nichts bemerkt. Andererseits kann man beim Durchrühren oder bei starker Erschütterung der Widerstandsmaße die Lichterscheinung wieder hervorbringen. Daraus kann man wohl folgern, daß man es der Hauptsache nach mit reiner Widerstandserhitzung zu tun hat.

Fig. 111.



Anheizperiode beim Kryptolverfahren.
(Mit Bewilligung der Elektrotechnischen Zeitschrift, Berlin, wiedergegeben.)

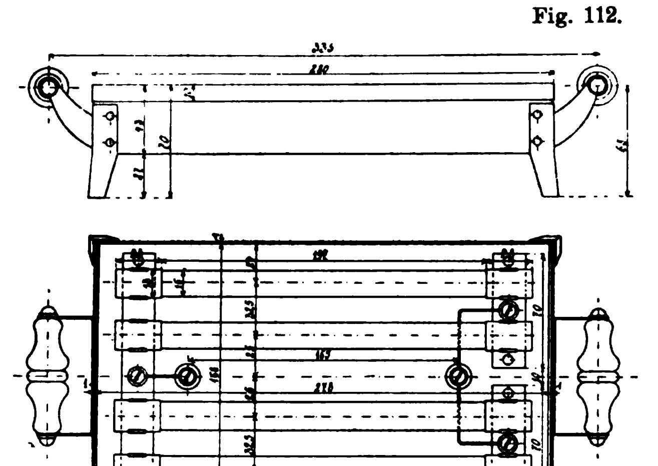
Das körnige Widerstandsmaterial zeigt aber trotzdem ein Verhalten, welches von dem zusammenhängenden Leiter etwas abweicht. Es sei hier auf die schon angeführte ausführliche Arbeit Bronns verwiesen, in welcher an Hand von Versuchen nachgewiesen wird, daß die körnigen Leiter beim Einschalten zunächst ein Sinken des elektrischen Widerstandes zeigen, bis dieser ein Minimum erreicht, worauf er wieder steigt und ziemlich in dem gleichen Zeitintervall die ursprüngliche Höhe wieder erreicht.

Als Beispiel sei nachfolgender Versuch Bronns angeführt, dessen Resultate in den Kurven in Fig. 111 niedergelegt sind.

Ein dickwandiges Rohr aus feuerfester Masse von 65 mm innerem Durchmesser und 60 cm Länge war auf eine Kohlenplatte gestellt, mit Kohlengries gefüllt und mit einem hineinragenden Kohlenstab von 50 mm Durchmesser als oberem Kontakt versehen, so daß also die Luft ungehinderten Zutritt hatte. Das Rohr wurde mit Wechselstrom von 116 bis 120 Volt belastet. Die Kurve *Ia* zeigt die erzielten Stromstärken. *IB* ist die Wiederholung des Versuches beim Wiedereinschalten des noch heißen Heizkörpers nach 30 Minuten. Kurve *II* zeigt einen analogen Versuch mit einer zweiten ähnlichen Vorrichtung. Man ersieht daraus, daß beim Heizen mit körnigen Widerständen eine Anheizphase eintritt. Ohne auf die Details der Bronnschen

Arbeit weiter einzugehen, möge nur kurz erwähnt werden, daß der Genannte diese Erscheinung in der Weise erklären will, daß beim Anheizen die sich ausdehnende Luft nicht genügend rasch entweichen kann, so daß vorübergehend ein Überdruck herrscht, der die Körner stark aneinander preßt. Dieser Druck wird dadurch noch höher, daß zerkleinerte Kohle bekanntlich ein sehr hohes Absorptionsvermögen für Gase hat und von den hier in Betracht kommenden Gasen (Stickstoff, Sauerstoff, Kohlenoxyd und Kohlensäure) das 7 bis 67 fache des eigenen Volumens aufnehmen kann. Aus den weiteren Versuchen von BRONN geht hervor, daß sich der Einfluß dieser Anheizungsperiode wesentlich einschränken läßt, wenn man zu Beginn nur allmählich einschaltet und die freie Oberfläche des gekörnten Widerstandes möglichst groß wählt. Damit würde auch die von BRONN gegebene Erklärung im Einklange stehen.

Fig. 112.



Heizplatte mit VOELKERschen Kryptolpatronen.

Von anderer Seite wird dieses Verhalten des Kryptols während der Anheizperiode einfach auf den Wassergehalt des etwas hygroskopischen Materials zurückgeführt, welcher in der Anheizperiode dampfförmig entweicht.

a) Vorrichtungen für häusliche Zwecke.

(Raumheizen und Kochen.)

Für diese Zwecke ist mit stückigen Leitern nur das Kryptolverfahren zur Anwendung gelangt. Es sind dabei zwei prinzipiell verschiedene Anordnungen zu unterscheiden. Entweder bestehen die Heizkörper aus einer einfachen Gußeisenplatte von rechteckiger oder runder Form, welche eine mit Chamotte ausgekleidete Vertiefung zur Aufnahme des Kryptols enthält, oder es wird dieses in Röhren aus Glas oder Chamotte eingefüllt, die an beiden Enden mit Metallkapseln verschlossen sind und in Parallelschaltung zu Heizkörpern zusammengesetzt werden. Diese von VOELKER erfundene, sogenannte Patronenheizung verwendet also analoge Heizelemente, wie wir sie an früherer Stelle bei den einzelnen Heizsystemen mit metallischen Leitern, z. B. beim PROMETHEUS-System, gefunden haben.

Fig. 112 zeigt eine Heizplatte mit solchen Kryptolpatronen.[1]) Die Rohre haben 15 bis 20 mm Durchmesser bei 200 bis 500 mm Länge und sind mit fast reinem Kohlenstoff von feiner Körnung gefüllt. Die Brenndauer wird

1) HEEPKE, Zeitschrift für Lüftung, Heizung und Beleuchtung XI, 1906, Nr. 1.

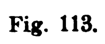


Fig. 113.



Heizkörpereinsatz mit Kryptolpatronen.

Fig. 114.



Zimmerofen für Kryptolheizung.

mit mindestens 3000 Stunden garantiert. Die Patronen sind mittels federnder Klemmen in Rahmen befestigt, welche die Stromzuführung bilden, und können leicht ausgewechselt werden. Dieses System wird jetzt speziell für Raumheizung verwendet, indem ein aus solchen Patronen zusammengesetzter, in Fig. 113 dargestellter Normalheizeinsatz entweder von einfachen durchlochten Blechmänteln, oder von ornamental ausgestalteten Metallgehäusen, entsprechend Fig. 114, umgeben wird.

Die nachstehenden Tabellen geben einige Unterlagen über die Kryptol-Patronenöfen für Raumbeheizung.

Tabelle LXIV.

Einfache Kryptolöfen.

Heizkraft, cbm von / bis	9 / 15	18 / 30		35 / 60					50 / 80		80 / 140	
Maximalstromverbrauch, KW.	0·4	0·8		1·6					2·4		3·6	
Regulierbarkeit	—	—		2	—	2	—	2	—	3	—	3
cm Höhe	30	47	55	53	55	55	55	55	55	55	55	55
cm Breite	38	38	50	38	50	50	75	75	75	75	75	75
cm Tiefe	11	11	16	20	30	30	16	16	30	30	30	30
Gewicht. ca. kg	5·5	8—13		17—20					28—32		40—42	

Tabelle LXV.

Ornamentierte Zimmeröfen Kunstguß (Fig. 114).

Heizkraft, cbm von / bis	50 / 80	80 / 140				110 / 180				130 / 200	
Maximalstromverbrauch, KW.	2·4	3·6				4·8				6·0	
Regulierbarkeit	3	3				3				3	
cm Höhe	95	95	125	128	122	125	128	135	122	135	128
cm Breite	52	53	77	85	90	77	85	90	90	90	85
cm Tiefe	42	47	57	46	45	57	46	60	45	60	46
Gewicht, ca. kg	70	47	125	98	120	135	102	133	124	133	104

Tabelle LXVI.

Ornamentierte Zimmeröfen in Schmiedeeisen.

Heizkraft, cbm von	35	50	80
Heizkraft, cbm bis	60	80	140
Maximalstromverbrauch, KW.	1·6	2·4	3·6
Regulierbarkeit	2	3	3
cm Höhe	83	100—105	100—105
cm Breite	53—57	68—70	68—70
cm Tiefe	30	37—40	37—40
Gewicht, ca. kg	22·5—25	35·5—37·5	43—45

Außer diesen normalen Ausführungen werden natürlich eine ganze Reihe von Sonderformen, wie kaminartige Öfen, Fensterwärmer, Wandwärmer, Kabinenwandöfen, Wärmeschränke, Speisenwärmer, Handtuchtrockner, Fußbänke usw. gebaut.

Heepke (l. c.) gibt auf Grund eigener Versuche für Raumheizung mit Kryptol die nachstehenden Daten über den Kraftverbrauch an:

Tabelle LXVII.

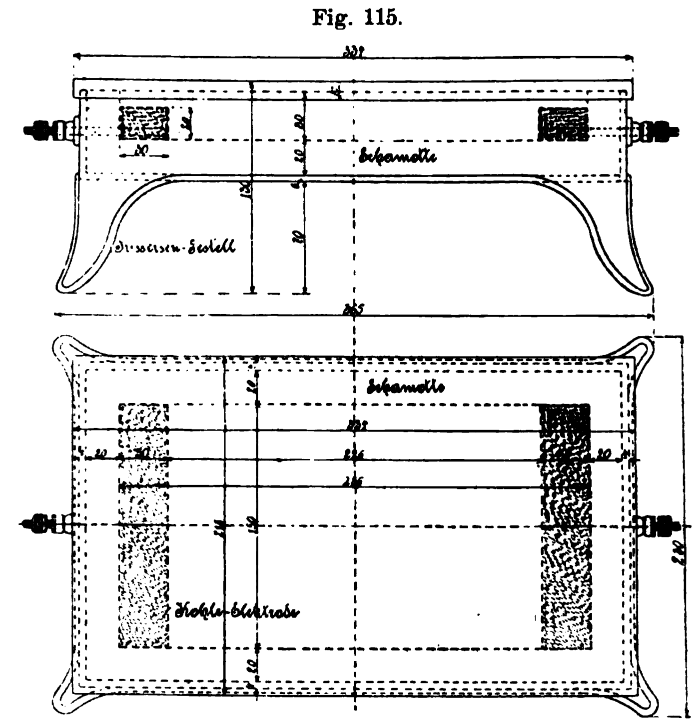
	Für kleinere, geschützte Räume W pro cbm	Für größere, gut ventilierte Räume W pro cbm
a) Zum schnellen Anheizen eines völlig kalten Raumes	90	100
b) Zum Warmhalten bei einem Temperaturunterschied von		
12—15° C	30—33	40—45
15—20° C	44—50	60—65
20 - 23° C	60—65	80—85

Man ersieht aus vorstehender Tabelle, daß die Kryptolheizung bezüglich Kraftverbrauch sich in eine Linie mit den anderen, an früherer Stelle beschriebenen elektrischen Heizsystemen stellt.

Bei der für häusliche Zwecke weniger in Betracht kommenden Heizung mit freiliegendem Kryptol kann entweder, wie bei den in den Figuren 115 und 116 wiedergegebenen, viereckigen und runden Heizplatten (Heepke l. c.), das Kryptol in direkter Verbindung zwischen zwei den Strom zuführenden Kohlenelektroden aufgeschüttet sein, oder es werden z. B. bei viereckigen Heizplatten von den gegenüberliegenden Wänden des Chamottekörpers isolierende Wände eingebaut, die nicht ganz bis zur gegenüberliegenden Wand reichen,

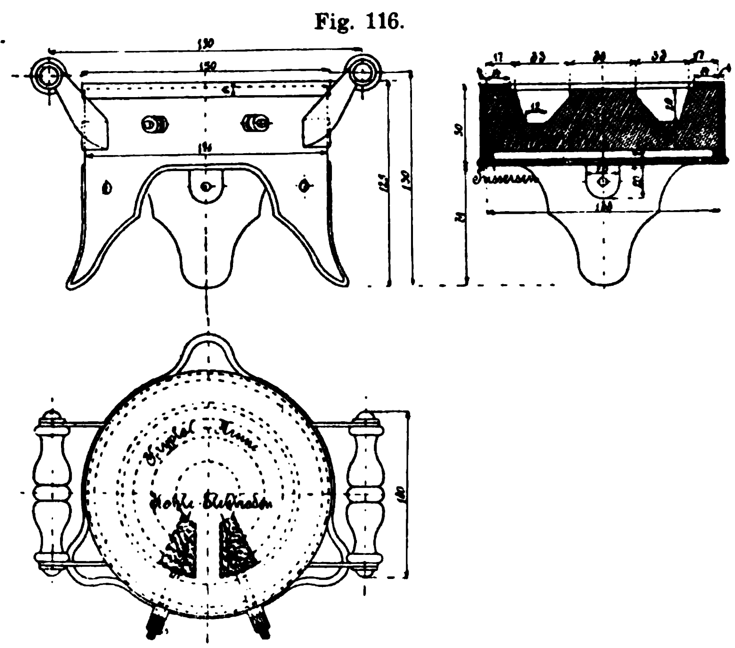
so daß ein zickzackförmiger Stromweg von großer Länge und geringem Querschnitt sich ergibt. Auf den mit Kryptol gefüllten Behälter kommt dann die eigentliche Heizplatte aus Gußeisen.

Fig. 115.

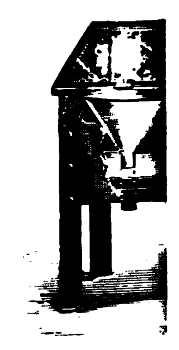


Viereckige Heizplatte mit freiliegendem Kryptol.

Fig. 116.



Runde Heizplatte mit freiliegendem Kryptol.



yptol,
ı eine
ɜn an-
bäder
usw.,
;anzer
nach
ɔcher,
Filter-
den
f den
Aus-
Unter
beiten
ungen

.schen
ır für
ıeraus

finden
:eiten,

, um
.nord-
starke
hende

ı. S.

so daß
Quersch
die eig

Tabelle LXVIII.

Kryptol-Heizplatten.

Form	Abmessungen mm	Stromverbrauch KW.
Rechteckig	260 × 130	0·5 —1·2
	350 × 300	0·6 —1·5
	200 × 450	0·7 —1·8
	350 × 500	0·75—2·0
	170 × 170	0·4 —1·0
Rund	Dchm. 120	0·35—0·9
	150	0·4 —1·0
	180	0·45—1·1
	210	0·5 —1·2

b) Laboratoriumsöfen.

Die einfachen Heizplatten mit Patronenheizung oder freiliegendem Kryptol, haben für die mannigfaltigen Bedürfnisse der chemischen Laboratorien eine ganze Reihe von besonderen Ausgestaltungen erfahren. An solchen seien angeführt: Kryptolbäder für Digestorien als Ersatz für Sandbäder, Wasserbäder mit und ohne konstantem Niveau, Heizer für Kochflaschen, Bechergläser usw., Luftbäder für Extraktionsapparate, Kocher zum gleichzeitigen Erhitzen ganzer Reihen von Kolben, wie man sie z. B. bei der Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl und für die Goldscheidung benötigt, Röhrenöfen, Reagensglaskocher, Muffelöfen, Glühöfen, Tiegelöfen, Trockenschränke, Heißfiltertrichter, Filtertrockenapparate usw. Einige dieser Spezialausführungen sind in den Figuren 117 bis 121 der Tafel X wiedergegeben. Mit Rücksicht auf den enger begrenzten Verwendungszweck derartiger Apparate sei bezüglich Ausmaße und Kraftverbrauch auf die Sonderveröffentlichungen verwiesen. Unter anderem seien auch die auf Anregung von Borchers durchgeführten Arbeiten Glasers über Öfen mit Kryptolwiderstand für kalorimetrische Untersuchungen angeführt.[1])

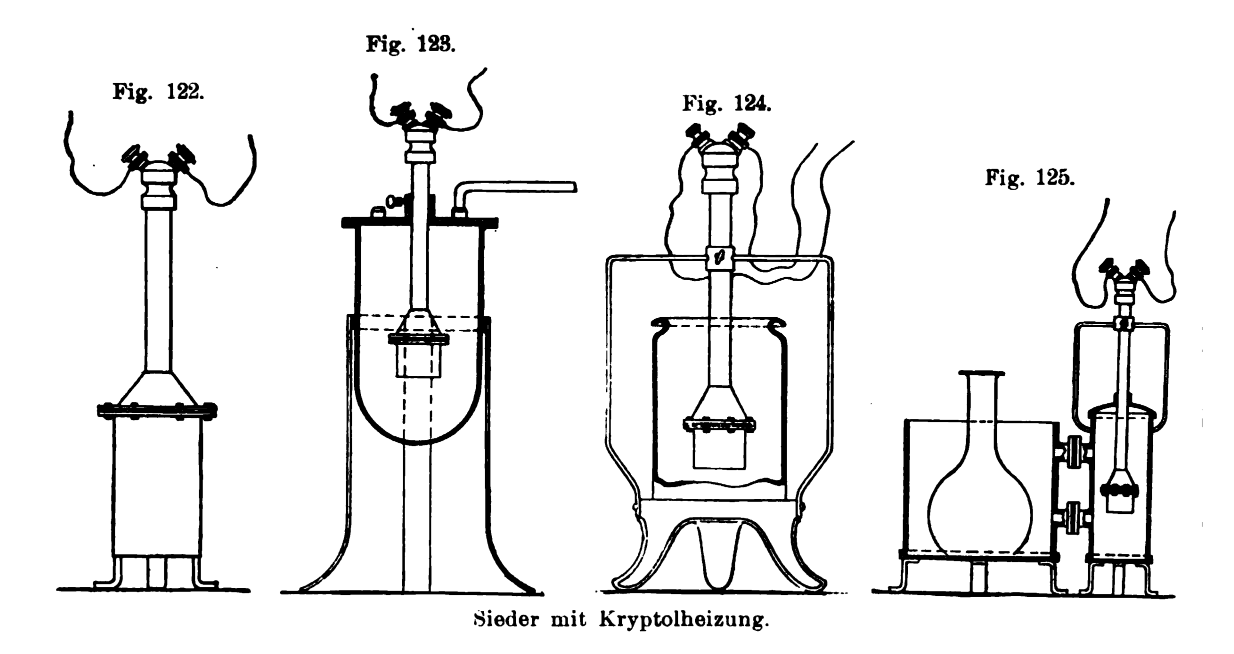
In neuester Zeit wurden entsprechend den bei anderen elektrischen Heizsystemen in Verwendung stehenden „Siedern" auch Kryptolheizer für direkte Erwärmung aus dem Innern der betreffenden Flüssigkeit heraus gebaut.

Derartige, in den Figuren 122 bis 125 dargestellte Kryptolsieder finden Verwendung bei Destillierblasen, Behältern mit entzündlichen Flüssigkeiten, Retorten, Autoklaven usw.[2])

Im übrigen hat auch Borchers schon gekörnte Kohle verwendet, um kleine Magnesiatiegel elektrisch zum Glühen zu bringen. Bei diesen Anordnungen war der Tiegel von Kohlengrus umgeben, dem durch zwei starke Kohlenstäbe Strom zugeführt wurde. Sobald der Tiegel durch die glühende

1) Borchers, Die elektrischen Öfen 1907, p. 69. Verlag W. Knapp, Halle a. S.
2) Schuberg, Zeitschrift für chemische Apparatenkunde, 1906, Nr. 17.

Kohlenschicht genügend erhitzt war, nahm er dann selbst als eine Art NERNST-Körper an der Leitung teil. Auch BRONN hat verschiedene Laboratoriumsöfen mit kleinstückiger Widerstandsmasse gebaut, welche speziell für



Sieder mit Kryptolheizung.

Fig. 126.



Versuchsraum der kgl. Porzellanmanufaktur Berlin mit BRONNschen Widerstandsöfen.

keramische Zwecke mehrfach zur Anwendung gelangt sind.[1]) Bei diesen Öfen kommen ebenfalls Heizrohre aus feuerbeständigem Material zur Anwendung, welche von dem Widerstandskörper aus Kohlenstücken umgeben sind. Fig. 126 zeigt den Versuchsraum der Kgl. Porzellanmanufaktur in Berlin mit derartigen elektrischen Öfen.

c) Industrielle Öfen.

Der in Fig. 98 dargestellte BORCHERSsche Ofen mit festem Kohlenkern zeigt uns das Prinzip, nach welchem auch industrielle Öfen größten Umfanges mit dem einzigen wesentlichen Unterschiede in Anwendung stehen, daß der Kern nicht aus einem zusammenhängenden Leiter, sondern aus stückigem Material hergestellt ist. In erster Linie sind hier Industrien zu erwähnen, die in den Vereinigten Staaten unter Benutzung dieser Ofentype zu lebhafter Entwickelung gelangt sind.

1. Herstellung von Karborundum. Bei diesem von ACHESON ausgearbeiteten Verfahren wird durch elektrisches Erhitzen eines Gemenges von Kieselsäure und Kohle mit verschiedenen Zusätzen das unter dem Namen Karborundum bekannte Siliciumkarbid erzeugt, welches als Schleifmittel, feuerfestes Material, Zusatz bei verschiedenen metallurgischen Operationen ausgedehnte Anwendung findet. Der wesentlichste chemische Vorgang verläuft hierbei nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Kieselsäure}}{SiO_2} + \underset{\text{Kohlenstoff}}{3C} = \underset{\text{Siliciumcarbid}}{SiC} + \underset{\text{Kohlenoxyd.}}{2CO}$$

Im Betrieb werden kleine Zusätze gemacht, so daß die Beschickung die nachstehende Zusammensetzung aufweist:

Sand	52·2 %
Koks	35·4 „
Sägemehl	10·6 „
Salz	1·8 „
Summa	100·0 %.

Der Aufbau des Ofens ist aus den schematischen Zeichnungen in Fig. 127 und 128 ersichtlich.[2])

Von dem Ofen sind nur das Fundament und die beiden Stirnmauern mit den Stromzuführungen stabil gebaut, während die Seitenwände A^1 ohne Bindemittel bei jeder Charge nur durch Aufschichten der Steine neu aufgestellt werden, um die Charge rasch auseinandernehmen und den Ofen schnell wieder zustellen zu können. Die Stromzuführungen an den Stirnseiten bestehen aus mehreren Lagen vierkantiger Kohlenstäbe b^2, zwischen welchen Kupferplatten b^5 angeordnet sind, welche mit den Zuführungskabeln R verbunden sind. C ist der Kern aus granulierter Kohle, welcher durch feines Kohlenpulper c mit den Endkontakten in leitende Verbindung gebracht wird. D ist die Mischung.

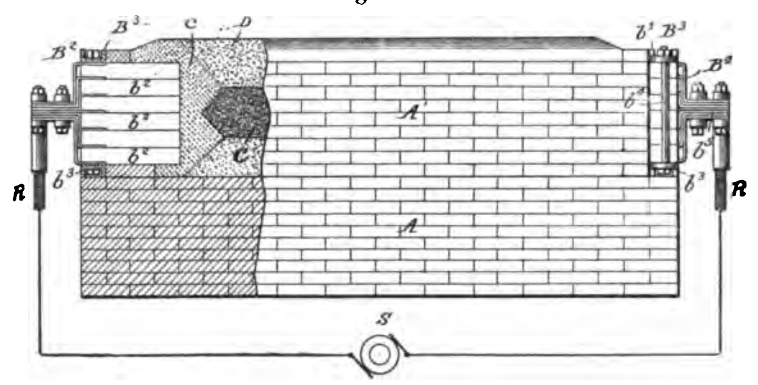
Fig. 129 zeigt eine Ansicht des Ofens im Betrieb, auf welcher die herausbrennenden Flammen von Kohlenoxyd ersichtlich sind. Nach be-

1) SIEMONIS & RIEKE, Elektrische Versuchsöfen mit kleinstückiger Kohlenwiderstandsmasse. Z. f. ang. Chemie 1906, p. 1231.

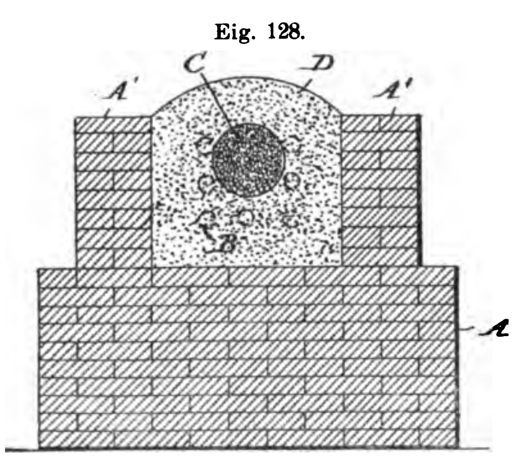
2) ENGELHARDT's Monographien über angewandte Elektrochemie, FITZ-GERALD, Karborundum. Verlag W. Knapp.

endeter Charge zeigt der Ofen die in Fig. 130 dargestellten konzentrischen Schichten in der Beschickung. *C* ist wieder der Kohlenkern, um diesen liegt eine Schicht *G* aus einer Substanz, welche die Struktur des kristallisierten Karborundums zeigt, aber nur aus Graphit besteht, welcher durch Rückzersetzung von Siliziumkarbid in verdampfendes Silizium und graphitischen

Fig. 127.



Eig. 128.



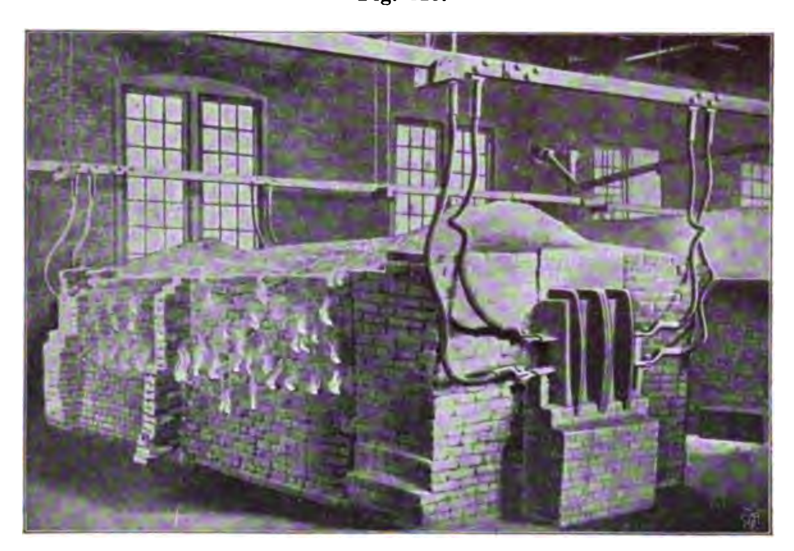
Karborundumofen von ACHESON.

Kohlenstoff entstanden ist. Hierauf folgt die aus kristallisiertem Siliziumkarbid bestehende Zone *S*, welche von einem dünnen Mantel der sogenannten „White Stuff", zum größten Teil amorphem Siliziumkarbid, besteht. *M* ist eine Zone von unveränderter Beschickung.

Über die elektrothermische Theorie des Karborundumofens siehe das erwähnte Buch von FITZ-GERALD. Die Öfen sind für eine Leistung von 746 KW. gebaut. Zum Betrieb dient Wechselstrom der Niagara-Falls-Power-Cy, der von 2200 Volt auf 75 bis 210 Volt heruntertransformiert wird. Eine Ofencharge dauert 36 Stunden. Zuerst wird mit voller Spannung gearbeitet, bis der Ofen 746 KW. aufnimmt, dann wird mit der Spannung heruntergegangen und die Energieaufnahme konstant gehalten. Ein Ofen hat ca. 7 m Außenlänge, die inneren Dimensionen sind 5 m Länge, 1·8 m Breite und 1·7 m Höhe. Die Öfen sind stets abwechselnd im Betrieb, da sie eine geraume Zeit zum Abkühlen der fertigen Charge benötigen. Jeder Ofen erzeugt 3150 kg Karborundum pro Charge. Der Kraftbedarf beträgt also 8·5 KW^h pro kg Karborundum ohne Berücksichtigung der Zwischenprodukte. Werden diese, als schon vorgearbeitetes Material, der nächsten Beschickung wieder zugesetzt, so sinkt der Kraftbedarf entsprechend. Die Bauart der Öfen schließt ein Aufsammeln der äquivalenten Menge von 3400 kg Kohlenoxyd aus, so daß diese Energiequelle verloren gegeben werden muß.

2. **Herstellung von künstlichem Graphit.** Die in Vorstehendem erwähnte Erscheinung, daß sich im Karborundumofen als Sekundärreaktion durch Zersetzung schon gebildeten Siliziumkarbids graphitischer Kohlenstoff abscheidet, regte wohl bei ACHESON den Gedanken an, diesen Vorgang als

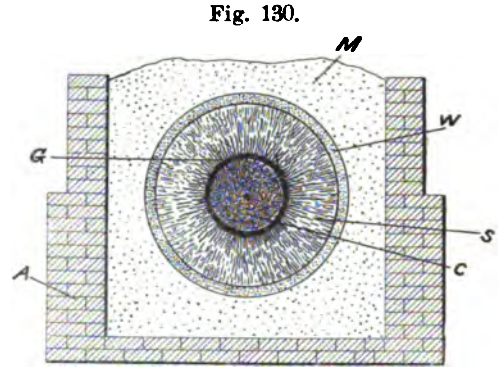
Fig. 129.



Karborundumofen von ACHESON während des Betriebes.

Hauptreaktion einer künstlichen Erzeugung von Graphit zugrunde zu legen. Die Versuche zeigten, daß es bei den verfügbaren kohlenstoffreichen Rohmaterialien, z. B. Anthrazit, genügt, wenn nur eine geringe Menge karbidbildender Substanz vorhanden ist, um die ganze Beschickung in Graphit zu verwandeln. ACHESON erklärt den Vorgang so, daß beim elektrischen Erhitzen von z. B. Anthrazit bei Luftabschluß die in diesem enthaltenen Aschenbestandteile kleine Mengen von Karbiden bilden. Diese zersetzen sich wieder in graphitischen Kohlenstoff und das bezügliche andere karbidbildende Element, welches wieder mit neuen Mengen Kohlenstoff aus dem Rohmaterial Karbid bildet usw.

Fig. 130.



Schnitt durch die Beschickung eines Karborundumofens nach beendeter Charge.

Für dieses Verfahren werden ähnliche Öfen wie für die Karborundumdarstellung verwendet, und auch die Beschickung wird in gleicher Weise um einen Kern aus Kohle angeordnet, nur sind die Öfen etwas länger gebaut. Fig. 131 zeigt einen solchen Graphitofen von ACHESON.[1])

1) ENGELHARDTS Monographien über angewandte Elektrochemie. FITZ-GERALD, künstlicher Graphit. Verlag W. Knapp.

Der Ofen ist ca. 9 m lang, die Beschickung hat einen Querschnitt von ca. 50 × 35 cm. Der Ofen ist für eine Maximalenergie von 800 KW. gebaut. Er wird ebenfalls mit Wechselstrom betrieben, der von etwa 200 Volt zu Anfang bis auf 75 Volt beim konstanten Heizstadium herunterzuregulieren

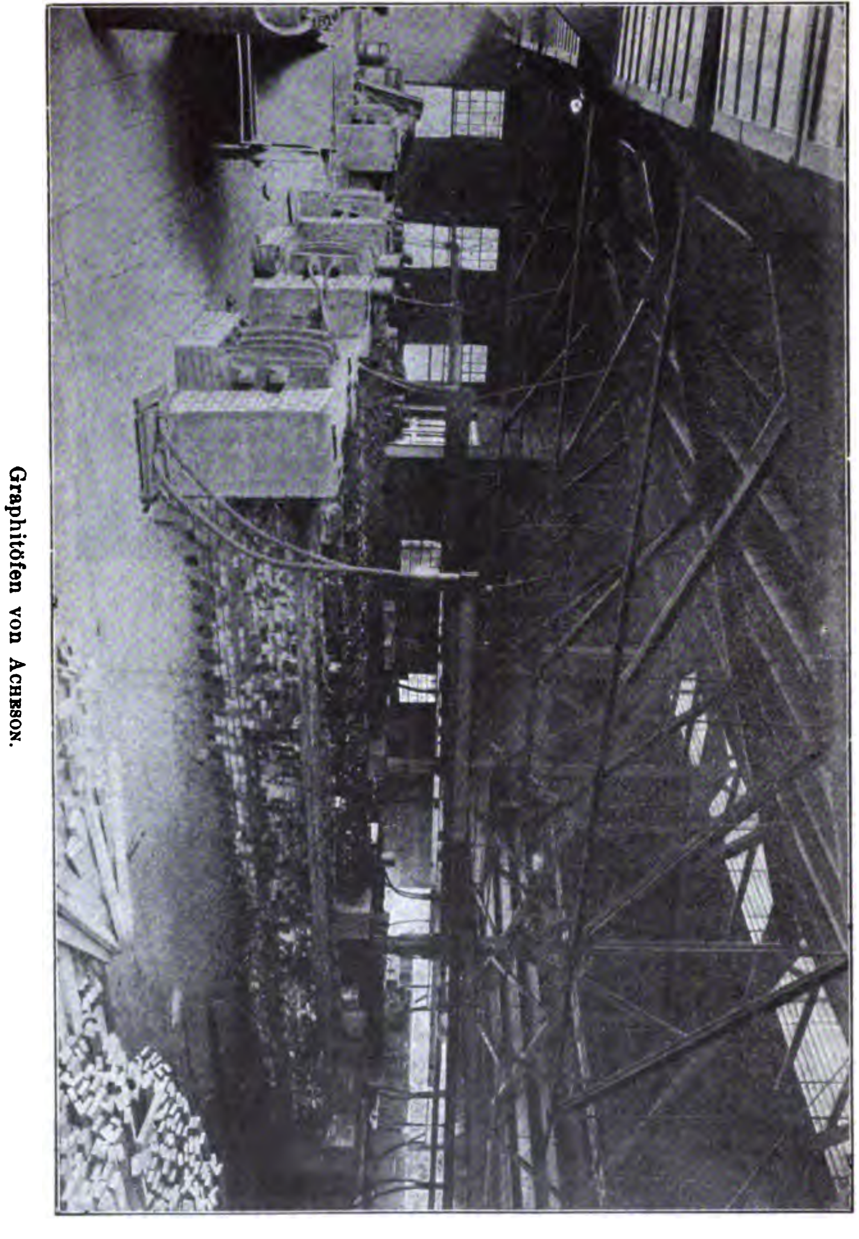


Fig. 131. Graphitöfen von Acheson.

ist. Der Graphit kann in beliebiger Reinheit dargestellt werden, da die Aschenbestandteile vollständig verflüchtigt werden können.

In ähnlicher Weise wird gearbeitet, wenn man nicht amorphe, erst weiter zu verarbeitende Stücke von Rohgraphit aus Anthrazit, sondern schon fertig geformte Gegenstände z. B. Graphitelektroden herstellen will. In diesem Falle werden die Gegenstände zuerst aus Kohlenstoff, z. B. Petroleum-

koks, Teer und einem karbidbildenden Material, wie Eisenoxyd, geformt, hierauf gebrannt und dann in einem Ofen der beschriebenen Art in Graphit übergeführt. Der Kern im Ofen wird dann direkt aus den zu erzeugenden Gegenständen gebildet, während man die Hohlräume mit gemahlenem Koks ausfüllt. Als Schutzmantel gegen die Atmosphäre dient eine Lage von gemahlenem Koks, gemischt mit Sand.

Jeder Elektrochemiker hat wohl schon mit den sogenannten ACHESON-Elektroden gearbeitet und deren Vorteile gegenüber den sonstigen künstlichen Kohlenelektroden kennen gelernt. Außer der größeren Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse zeichnen sie sich besonders durch leichte Bearbeitbarkeit aus, so daß man ihnen durch Drehen und Fräsen alle möglichen Formen geben, Gewinde ausschneiden kann usw.

3. Herstellung von Schwefelkohlenstoff. Bei diesem ebenfalls in den Vereinigten Staaten zu industriellem Betriebe gebrachten Verfahren von TAYLOR wird eine Art elektrischer Schachtofen verwendet, in dessen Gestell zwei starke Stromzuführungen aus Kohle eingesetzt sind, zwischen welche kontinuierlich ein Gemenge von Kohlenstücken (Bruchteile aus Bogenlampenkohlen) und Schwefel chargiert wird. Mit Rücksicht auf den engbegrenzten Verwendungszweck sei im übrigen auf die bezüglichen Veröffentlichungen verwiesen. [1])

4. Industrielle Anwendungen der Kryptolheizung. Nach dieser Richtung liegen hauptsächlich Arbeiten von BRONN vor, die Kryptolheizung in der Glasindustrie zur Außenheizung des Hafen zu verwenden. Doch auch diese Anwendung ist noch nicht so weit durchgebildet, daß man von einer endgültigen Einführung sprechen kann. Bezüglich Einzelheiten sei auf die Spezialliteratur verwiesen. [2])

---

1) HABER, Über Hochschulunterricht und elektrochemische Technik in den Vereinigten Staaten. Z. f. El. Chemie, IX, 1903, Nr. 19 p. 379.

2) BRONN, Über die beim Schmelzen von Glas mittels Elektrizität und beim Heizen mit kleinstückigen Leitern (Kryptol) gemachten Erfahrungen. El. chem. Ztschr. XI, 1904 bis 1905, p. 207.

II. Technische Anwendungen der Lichtbogenerhitzung.

Der Lichtbogen kommt im großen und ganzen in drei, wenn auch nicht scharf abgegrenzten Gruppen für elektrische Erhitzungszwecke zur Anwendung.

A. Er dient indirekt zur Erwärmung eines in der Regel metallischen Körpers, und dieser wirkt erst auf den betreffenden zu erwärmenden Gegenstand. Wir haben es hier z. B. mit den durch den Lichtbogen geheizten Lötkolben, Plätteisen und ähnlichen Anwendungen zu tun, die wir als gewerbliche und häusliche bezeichnen können.

B. Der Lichtbogen wirkt direkt gewissermaßen als Werkzeug auf einen entweder gleichbleibenden oder sich ändernden Teil eines leitenden Körpers. Es ist also in diesem Falle kein eigener, für die Unterbringung, eventuell auch den Zu- und Abgang des zu behandelnden Materiales besonders bestimmter Raum vorhanden. In diese Gruppe fallen die verschiedenen Metallbearbeitungsverfahren im direkten Lichtbogen, bei welchen es meistens nur auf lokale Wärmeeinwirkungen ankommt.

C. Es werden in einem mehr oder weniger geschlossenen Raum feste, flüßige oder gasförmige Körper periodisch oder kontinuierlich eingefüllt, entweder dem direkten Lichtbogen oder dessen strahlender Wärme ausgesetzt und die erhaltenen Produkte wieder periodisch oder kontinuierlich abgeführt. Diese Art von Einrichtungen bezeichnen wir wohl am besten mit dem Sammelbegriff elektrische Lichtbogenöfen. Wir haben es hier in der Regel mit der Erhitzung ganzer Massen, technisch als Chargen oder Beschickungen bezeichnet, zu tun. In dieser Gruppe haben wir es hauptsächlich mit chemischen Veränderungen in der Beschickung zu tun, während es in den Gruppen A. und B. meistens nur auf Veränderungen der physikalischen Eigenschaften des zu behandelnden Materiales ankommt.

1. Gewerbliche und häusliche Anwendungen der Lichtbogenerhitzung.

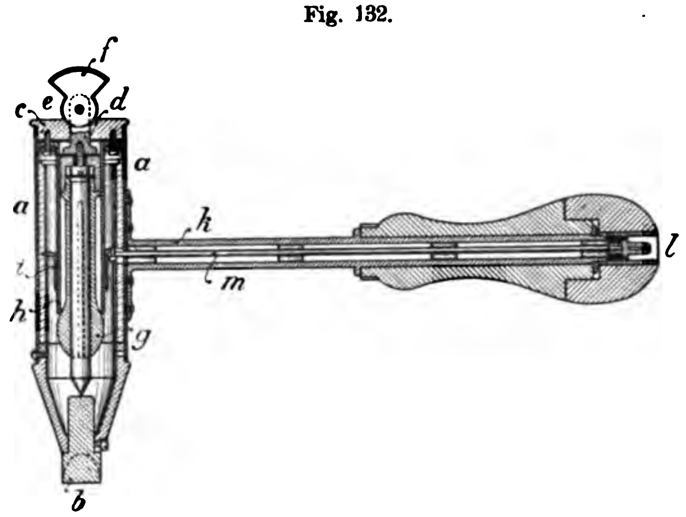
Für derartige Zwecke hat die Lichtbogenerhitzung nur beschränkte Anwendung gefunden und mußte das Feld zum weitaus größten Teile der Widerstandserhitzung überlassen. Während also z. B. für Raumbeheizung

und Kochzwecke die Lichtbogenerhitzung keine Erfolge zu verzeichnen hatte, konnte sie sich hingegen mit Erfolg in einigen Fällen behaupten, wo es auf rasche Erzeugung hoher Temperaturen ankommt. Dies ist z. B. bei den Lötkolben der Fall. Bei derartigen Einrichtungen bildet in der Regel der Kolben den einen Pol, während der zweite Stab aus einem Kohlenstab besteht.

Als Beispiel einer älteren Konstruktion ist in Fig. 132 ein elektrischer Lötkolben von Wieczoreck dargestellt.

Der Mantel *a* trägt in einem konischen Ansatz den Lötkolben *b*. Durch den Deckel *c* geht ein Stab *d* durch, welcher in seiner Längsrichtung durch

Fig. 132.



Elektrischer Lötkolben nach Wieczoreck.

den Hebel *f* etwas verschiebbar ist und den isolierten Kohlenhalter *g* trägt, der wieder von einer am Deckel isoliert befestigten Hülse *h* umgeben ist. An die damit verbundene Hülse *i* ist die Zuleitung *m* angeschlossen. Diese Zuleitung ist isoliert durch den aus einem Metallrohr bestehenden Stiel *k* geführt, welcher mit dem Mantel *a* in leitender Verbindung steht. Dreht man den Exzenter *e*, so kann der Kohlenhalter etwas gesenkt werden, so daß die Kohle Kontakt mit dem Lötkörper *b* erhält. Beim Weiterdrehen des Exzenters wird die Kohle wieder gehoben, der Lichtbogen gebildet und die Kohle festgeklemmt. Der Strom geht also von dem Kontakt *l* durch den Leiter *m* zur Hülse *i*, dem Rohr *h* nach *g* und durch die Kohle, den Kolben, den Mantel *a* und das Rohr *k* zum Kontakt zurück. Je nach der Länge des Lichtbogens beansprucht ein solcher Lötkolben 4 Ampere bei 25 Volt, bzw. 3 Ampere bei 33 bis 35 Volt.[1])

Einen sehr einfachen Lötkolben mit Lichtbogenerhitzung brachte 1897 die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft auf den Markt.[2]) Der kupferne Kolben bildet den positiven, die Kohle den negativen Pol. Durch Druck auf einen Knopf wird bei geschlossenem Stromkreis der Kurz-

1) ETZ. 1895, p. 648.

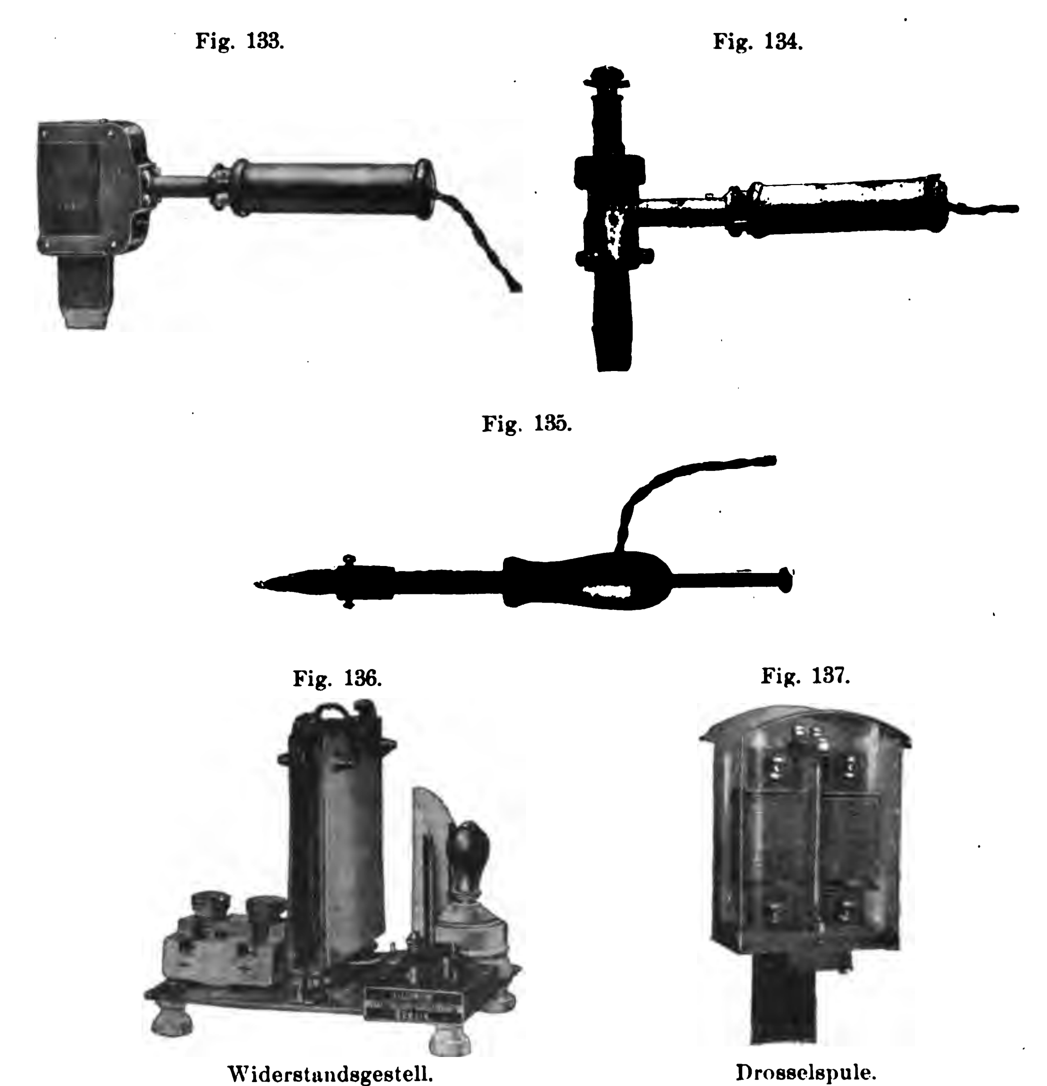
2) ETZ. 1897, XVIII, p. 624. Siehe auch L. Graetz, Die Elektrizität und ihre Anwendungen. 12. Auflage. Verlag Engelhorn, Stuttgart 1906.

schluß zwischen Kohle und Kolben hergestellt. Läßt man den Knopf los, so zieht eine Feder die Kohle um etwa 1 mm vom Kolben zurück, wodurch der Lichtbogen gebildet und der Kolben erwärmt wird. Durch eine Öffnung kann man den Lichtbogen beobachten. Alle halbe Stunden muß die Kohle nachgestellt werden.

Fig. 133. Fig. 134.

Fig. 135.

Fig. 136. Fig. 137.



Widerstandsgestell. Drosselspule.

Elektrische Lötkolben der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.

Die Figuren 133 bis 135 zeigen drei neuere Formen von Lötkolben mit Lichtbogenerhitzung der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft.

Fig. 133 zeigt einen Lötkolben ohne Vorschaltwiderstand mit einem Verbrauch von ca. 330 Watt, Fig. 134 einen solchen in Hammerform. Dieser wird in zwei Größen für 4·5, bzw. 9 und 3·5 bzw. 7 Ampere bei 220 oder 110 Volt gebaut. Fig. 135 zeigt einen Spitzkolben für 5, bzw 2·5 Ampere.

Die Lötkolben sind sowohl für Gleich- als Wechselstrom anwendbar. Bei Gleichstrom werden sie mit dem in Fig. 136 dargestellten Widerstands-

gestell, bestehend aus Rahmen mit zwei Vorschaltwiderständen, Anschlußdose, Stöpsel, Schmelzsicherung und Umschalter, versehen. Bei Wechselstrom dient als Vorschaltwiderstand die in Fig. 137 wiedergegebene Drosselspule. Diese wird für Stromstärken bis zu 10 Ampere, 100 Wechsel und Spannungen von 110 und 215 Volt gebaut. Bei Gleichstrom werden Homogenkohlen, für Wechseltrom Dochtkolben verwendet.

Zerener hat auch bei Lötkolben mit Lichtbogen und speziell zum Weichlöten die magnetische Ablenkung des Lichtbogens, auf welche wir später bei der eigentlichen direkten Metallbearbeitung ausführlicher zurückkommen, verwendet.[1])

Ähnliche Konstruktionsprinzipien wie bei den elektrischen Lötkolben für Lichtbogenerhitzung wurden auch für elektrische Plätteisen angewendet. Da diese aber keine besondere Verbreitung gefunden haben, kann von detaillierteren Angaben Abstand genommen werden.

2. Metallbearbeitung im Lichtbogen.

Die Metallbearbeitung unter Verwendung des Lichtbogens für Schweiß-, Löt- und Gießzwecke kann in nachstehender Weise durchgeführt werden:

1. Der eine Pol des Lichtbogens besteht aus Kohle, der zweite aus dem zu behandelnden Metallstück (Verfahren von Bernardos).

2. Beide Pole des Lichtbogens bestehen aus Metall, und zwar der eine aus dem zu behandelnden Gegenstand, der andere aus einem Metallstab, der während des Betriebes abschmilzt (Verfahren von Slawianoff).

3. Beide Pole werden aus Kohle gebildet, zwischen denen der Lichtbogen gezogen und in der Regel zum Zwecke größerer Handlichkeit und leichteren Arbeitens durch einen Magneten in einer der Lötflamme ähnlichen, spitzen Form ausgezogen wird (Verfahren von Coffin, Zerener, zum Teil Bernardos und Olczewski). Die Verzerrung des Lichtbogens kann auch durch Verwendung besonders präparierter, metalloxydhaltiger Kohlen bewirkt werden (Verfahren Tunzelmann).

A. Ein Pol Kohle, ein Pol Metall.

Die erste zu technischer Anwendung gelangte Anordnung rührt von Bernardos her, der im Jahre 1881 bei der Herstellung von Akkumulatoren dieses Verfahren für Lötzwecke benutzte.[2])

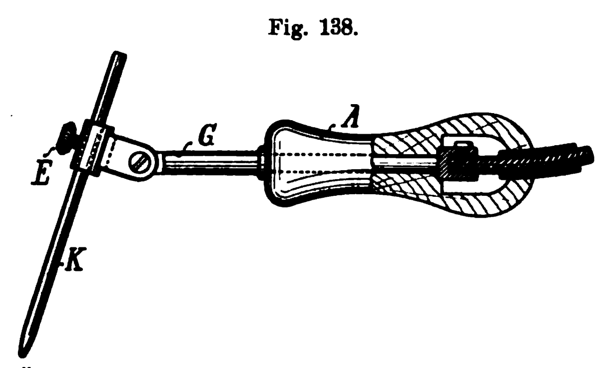
Ursprünglich gab Bernardos als Grundgedanken seiner Erfindung an, daß das zu behandelnde Arbeitsstück mit dem negativen Pol der Stromquelle, hingegen der den Lichtbogen ziehende Kohlenstab mit dem positiven Pol zu verbinden sei. Als Hauptgrund für diese Anordnung wurde die Vermeidung von Oxydationsvorgängen am Werkstück angegeben. Andererseits ist es bekannt, daß der Lichtbogen in der freien Atmosphäre am negativen Pol eine wesentlich niedrigere Temperatur zeigt, als am positiven. Es kann also besonders bei größeren Werkstücken eine derart rasche Wärmeableitung an dem ohnedies kälteren negativen Pole eintreten, daß das Werkstück gar nicht ins Schmelzen kommt. Bernardos änderte also später seine Anordnung

1) ETZ. 1896, p. 46.
2) La Nature 1887. 25. Juni.

und verband besonders Werkstücke aus höher schmelzenden Metallen (Eisen, Stahl) und von größeren Abmessungen mit dem positiven Pol der Stromquelle. Für die Bearbeitung von Blei und anderen leichter schmelzenden Metallen konnte die ursprüngliche Anordnung beibehalten werden. Über diesen Einfluß der Polwahl bei dem Verfahren von BERNARDOS hat UPPENBORN einige Versuche in einer Berliner Anlage angestellt, aus welchen hervorging, daß BERNARDOS später von seiner ersten Anordnung im Sinne der vorstehenden Ausführungen tatsächlich abgehen mußte.[1])

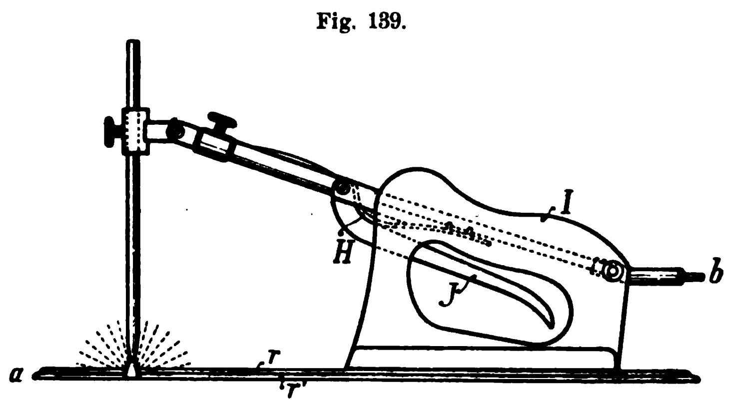
Die ganze Löt- bzw. Schweißapparatur besteht bei BERNARDOS im wesentlichen aus einem, mit einer isolierenden Handhabe versehenen Kohlenhalter. Die Fig. 138 und 139 zeigen[2]) zwei der ersten Ausführungsformen. Fig. 138 zeigt einen Handapparat, und bezeichnet A den Holzgriff, G den Kohlenhalter, E eine Preßschraube für die Verschiebung und Fixierung der Kohle K. Der in Fig. 139 dargestellte Apparat ist verschiebbar eingerichtet und sollte zur Herstellung längerer, geradliniger Lötstellen dienen. Es bezeichnet rr' zwei Metallplatten, ab die Zuleitungen; durch einen Druck auf den Hebel J wird der Kohlenstab mit dem Metallstück in Verbindung

Fig. 138.



Älterer Kohlenhalter für die Schweißung n. BERNARDOS.

Fig. 139.



Verschiebbarer Kohlenhalter für Schweißung nach BERNARDOS.

gebracht. Die Feder H hebt die Kohle wieder ab, wie der Druck auf J nachläßt.

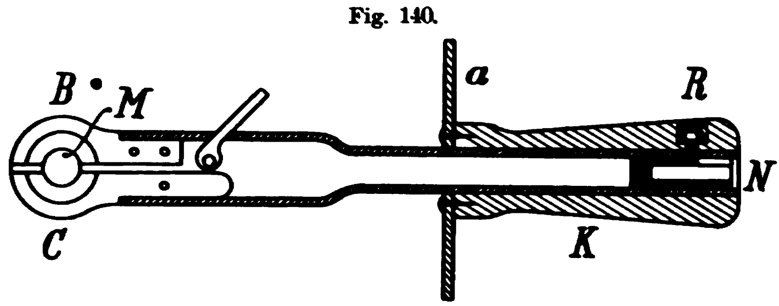
Eine spätere, etwas geänderte Ausführung des Schmelzwerkzeuges ist in Fig. 140 dargestellt.[3]) M ist der Kohlenstift, BC die Klemme, K die

1) ETZ. 1890, XI, p. 641.
2) ETZ. 1887, VIII, p. 60.
3) Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1887. XXXI. p. 281 und 863. Siehe auch FODOR: Die elektrische Schweißung 1892. p. 84. Verlag Hartleben.

isolierte Handhabe. In *RN* wird die Zuleitung eingeklemmt; *a* ist eine Scheibe, die die Hand des Arbeiters vor der strahlenden Wärme schützen soll.

Eine sehr einfache Konstruktion eines Kohlenhalters für das Bernardos-Verfahren rührt von Nebel her[1]) (Fig. 141). Es wird aus einem dicken Brett die halbe Ellipse *aa bb* (Achsenlänge 11·6 × 8·4 cm) herausgesägt und aus dieser wieder das Stück *c*. Die obere Kante *aa* erhält eine Nut zur Aufnahme eines Kupferdrahtes *dd* von 6·5 mm Durchmesser. Die Nut wird

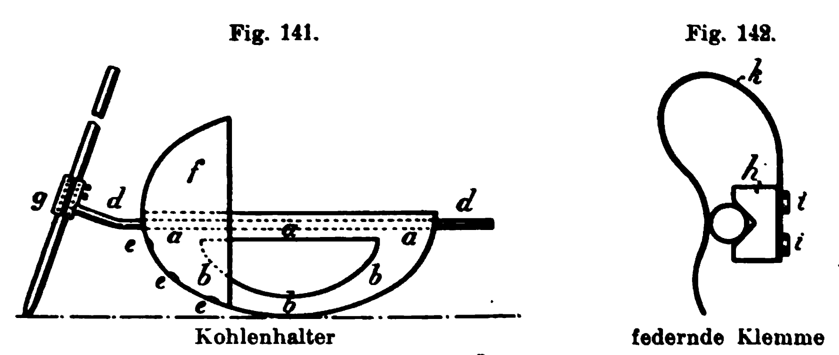
Fig. 140.



Kohlenhalter für Schweißung nach Bernardos.

mit einem Holzstreifen wieder zugeleimt. Zum Schutz der Hand des Arbeiters wird ein ellipsoidischer dünner Blechschirm *ff* bei *ee* angeschraubt. Die Backen für das Halten der Kohle ersetzte Nebel durch eine starke federnde Klemme (Fig. 142). Die Figur ist ohne weiteres verständlich. Das Führungs-

Fig. 141. Fig. 142.



Kohlenhalter federnde Klemme

nach Nebel für das elektrische Schweißverfahren von Bernardos.

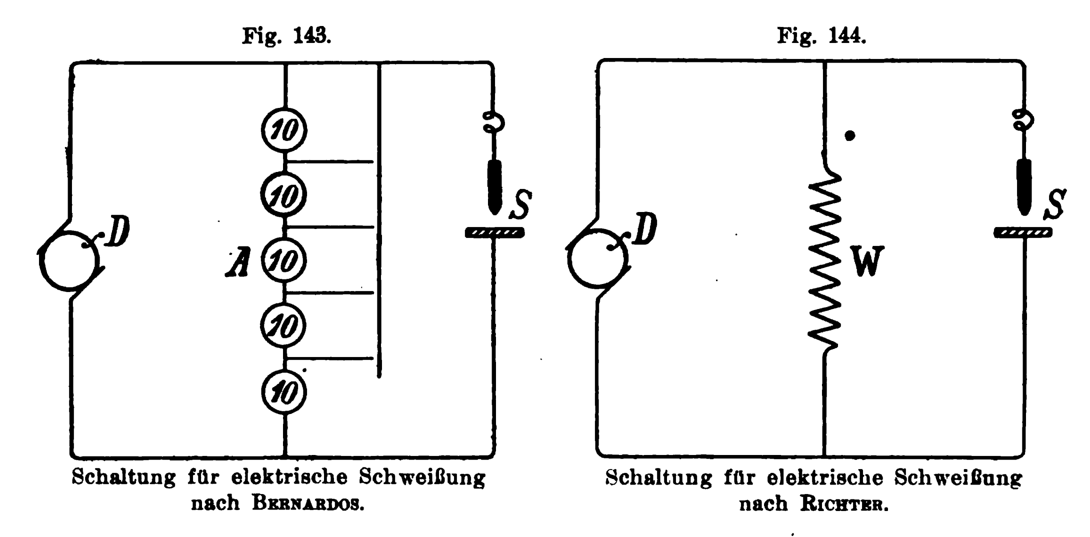
stück *h* besteht aus Messing. Durch diese Anordnung können auch Kohlen von sehr verschiedenem Durchmesser eingesetzt werden.

Bei der praktischen Anwendung des Bernardos-Verfahrens machte die Herstellung eines Lichtbogens von entsprechender Länge und Temperatur, sowie entsprechendem Querschnitt ziemliche Schwierigkeiten, die Bernardos durch Verwendung entsprechend großer Akkumulatorenbatterien hinsichtlich Regelung von Stromstärke und Spannung zu überwinden suchte. Fig. 143 zeigt die von Bernardos angewandte Schaltung, in der *D* eine Nebenschluß-dynamo, *A* eine Akkumulatorenbatterie und *S* die Schweißstelle bezeichnet.[2])

1) Zentralblatt für Elektrotechnik 1888, p. 406.

2) Richter, Über das Bernardossche elektrische Lötverfahren. ETZ. XV, 1894, p. 415.

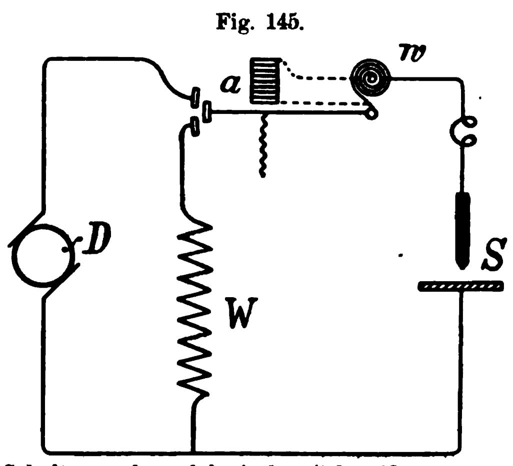
Rühlmann führt als Beispiel[1]) an, daß eine Nebenschlußmaschine für 120 A. 175 V. Dauerleistung und eine Akkumulatorenbatterie von 7 parallel geschalteten Gruppen à 70 Zellen kombiniert wurden. Durch entsprechende Schaltvorrichtungen konnte man einerseits die Zellenanzahl in den Gruppen variieren, also die Spannung regeln und durch Ab- und Zuschalten der parallelen Zellengruppen Stromstärke und Temperatur ändern. Außerdem



Schaltung für elektrische Schweißung nach Bernardos.

Schaltung für elektrische Schweißung nach Richter.

konnte man durch die Länge des Lichtbogens weitere Variationen herbeiführen. Wenn die richtige Schaltung gewählt wurde, schmolz das Metall ruhig und leichtfließend. Ist die Stromstärke zu groß, so daß Wallen und Verdampfen des geschmolzenen Metalles eintritt, so muß man die parallel geschalteten Gruppen vermindern. Erlischt der Bogen zu oft, so ist die Anzahl der Serienschaltungen in den Zellengruppen zu vermehren. Im Augenblick, wo der Lichtbogen gezogen wird ist also die Dynamomaschine und die Akkumulatorenbatterie praktisch kurz geschlossen. Die Stromstärke erreicht dann nach Bildung des Lichtbogens ein Maximum und nimmt mit zunehmender Entfernung des Kohlenpoles vom Arbeitsstück, also mit zunehmender Spannung ab.



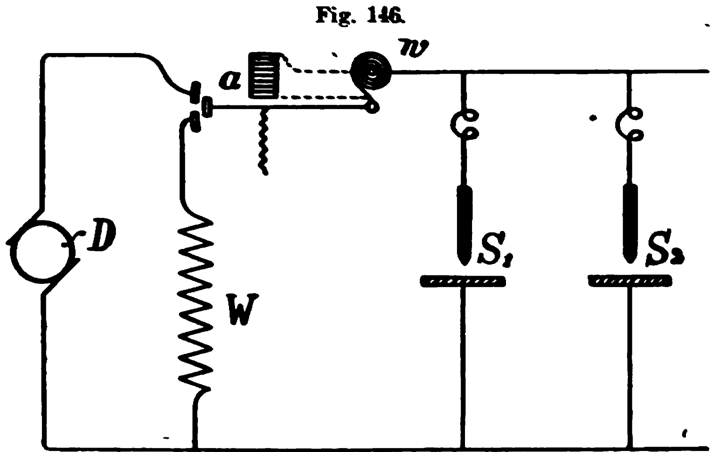
Schaltung für elektrische Schweißung nach Richter mit einer Schweißstelle.

Richter schlug dann vor, die Akkumulatorenbatterie durch einen geeigneten, zur Dynamo parallel geschalteten Widerstand entsprechend dem

1) Fodor, Die elektrische Schweißung und Lötung 1892, p. 124. Verlag Hartleben, Wien-Leipzig.

Schema in Fig. 144 zu ersetzen und dafür den Generator so zu bemessen, daß er die gleiche Stromstärke liefern kann wie bei BERNARDOS die Dynamo und die Batterie zusammen. Zur Verminderung des Stromstoßes beim Kurzschluß und um während der Arbeit den geringen Energieverbrauch in dem Widerstand W auch zu vermeiden, schaltet RICHTER entsprechend dem Schema in Fig. 145 eine Blechspirale mit Luftisolation W und einen automatischen

Fig. 146.



Schaltung für elektrische Schweißung nach RICHTER mit mehreren Schweißstellen.

Umschalter *a* ein. Fig. 146 zeigt die Schaltung beim Betrieb mehrerer Schweißstellen von einer gemeinschaftlichen Dynamomaschine aus.

Die Arbeitsspannung ist bei der RICHTER'schen Anordnung durch Änderung der Tourenzahl, bzw. durch den Nebenschlußregulator zu ändern.

Die BERNARDOS-Apparate wurden für ca. 30 PS. Kraftaufnahme gebaut.

Es ist selbstverständlich, daß bei dem raschen Schmelzen des Metalles und den hohen Temperaturen, denen es ausgesetzt ist, sich das Material verändern muß. Insbesondere gilt dies von der Struktur. Das sehnige Gefüge geht in ein krystallinisches über, weiches Material wird hart. Dies ist einerseits dadurch bedingt, daß die durch vorherige mechanische Behandlung, wie Walzen, Schmieden, Strecken usw., erhaltene Struktur beim Schmelzen im Lichtbogen verloren geht. Es vermindert sich also vor allem die Zähigkeit. Durch Hämmern während des Abkühlens kann dieser Qualitätsverschlechterung teilweise entgegengearbeitet werden. Andererseits ist die Änderung der mechanischen Eigenschaften auch auf eine Verschiebung in der chemischen Zusammensetzung zurückzuführen. RÜHLMANN macht darüber folgende Angaben:[1]) (S. Tabelle S. 138.)

Die Veränderung in der chemischen Zusammensetzung zeigt sich also im wesentlichen in der Herabsetzung des Mangan-, Kohlenstoff- und Siliziumgehaltes.

Außer diesen chemischen Veränderungen ist als Nachteil noch anzuführen, daß bei der schwierigen Regulierbarkeit und der hohen Temperatur des Lichtbogens die Überhitzung einzelner Teile leicht möglich ist. Dazu kommt die intensive Lichtwirkung, die den Arbeiter belästigt und die Beobachtung des Arbeitsfortschrittes erschwert. Versuche, die Temperatur an der Schmelz-

1) Zeitschrift des Vereins Deutscher Ing. XXXI, p. 866.

Tabelle LXIX.

Stahl	unbearbeitet	geschmolzen	unbearbeitet	geschmolzen
C	0·44	0·22	0·52	0·29
Si	0·03	Spur	0·05	Spur
Mn	0·57	0·14	1·42	0·36
S	0·041	0·036	0·039	0·035
	0·102	0·100	0·07	0·050
Eisen	**unbearbeitet**	**geschmolzen**	**unbearbeitet**	**geschmolzen**
C	0·38	0·15	0.30	0·13
Si	0·03	—	Spur	—
Mn	0·53	0·16	0·36	0·30
S	0·160	0·120	0·110	0·070
P	0·137	0·124	0·105	0·087

stelle durch Zusätze herabzusetzen, führten zu keinem Erfolg. Hierzu kommen bei der von Bernardos vorgeschlagenen Arbeitsweise noch die hohen Kosten der Akkumulatorenbatterien.

Diesen Nachteilen wären die nachfolgenden Vorteile entgegenzustellen: Die Wirkung ist eine ähnliche, wie beim Lötrohr, sie ist örtlich auf jene Metallteile beschränkt, die wirklich schmelzen sollen, so daß die Wärmeverluste durch Heizung und Strahlung relativ gering sind, die Arbeitsdauer ist eine kurze, es ist keine besondere Reinigung der zu behandelnden Stücke erforderlich, vorhandenes Oxyd an den Werkstücken kann durch geringe Zusätze von Flußmitteln leicht verschlackt werden, der Apparat ist leicht transportabel und eignet sich infolge seiner Handlichkeit besonders zur Bearbeitung unregelmäßig geformter Stücke, für Reparaturen usw. Das Verfahren erfordert ferner gegenüber der Schweißung durch direkte Widerstandserhitzung weniger Kraft und insbesondere keine besonderen Schweißmaschinen.

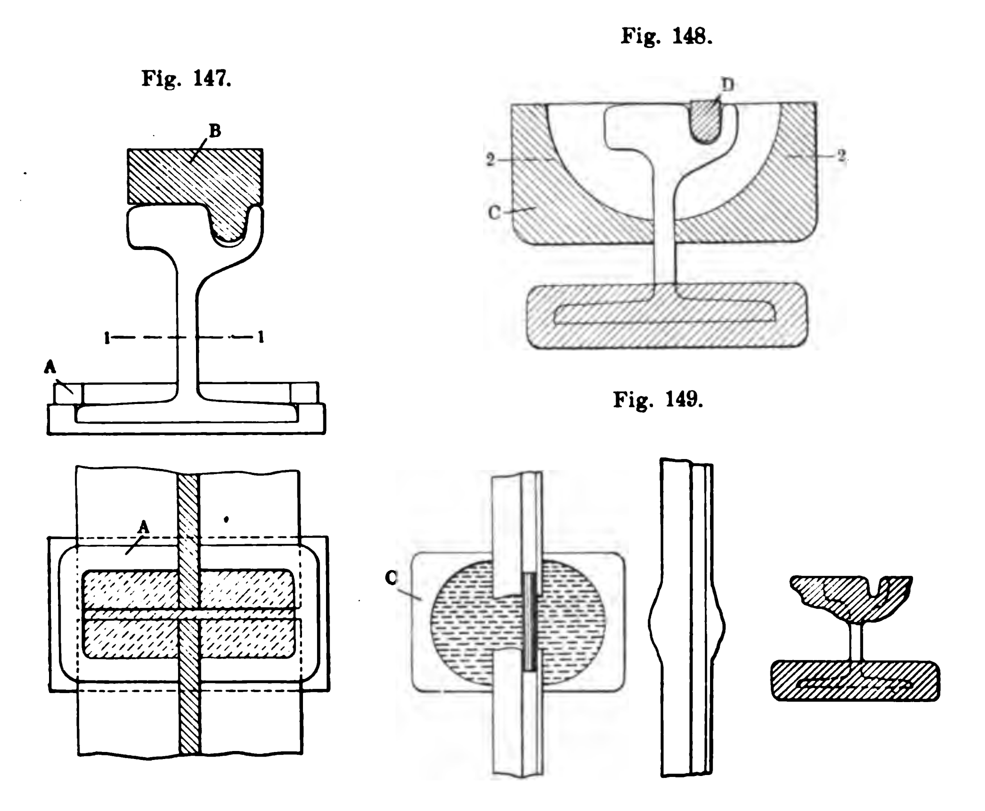
Eine ausgedehntere Anwendung dürfte das Bernardos-Verfahren bei der Reparatur beschädigter Arbeitsstücke gefunden haben. Es kam insbesondere bei einer Reihe russischer Eisenbahnverwaltungen für Reparaturen an Pleuelstangen, Feuerbüchsen, Kränzen, Speichen usw. zur Anwendung, und lauten die seinerzeitigen Urteile vorwiegend günstig.[1]) Außerdem konnte es auch in besonderen Fällen zum Einbrennen von Löchern in Werkstücke verwendet werden.

Auf Abänderungen des Bernardos-Verfahrens, wie sie z. B. Coffin vorgeschlagen hat, braucht hier wohl um so weniger eingegangen zu werden, als die Schweiß- und Lötverfahren dieser Gruppe heute wohl durch andere, nicht direkt elektrische Verfahren zum größten Teil überflügelt sein dürften.

In neuester Zeit ist ein in diese Gruppe zu zählendes Verfahren speziell für das Verschweißen der Stöße bei Straßenbahnschienen von der Akku-

1) Siehe auch Fodor, Die elektrische Schweißung und Lötung, p. 134 und 197. Verlag Hartleben, Wien-Leipzig.

mulatorenfabrik Berlin mehrfach, z. B. in Hagen, Aachen und Düsseldorf, zur Anwendung gekommen. STAHL macht darüber die folgenden Angaben[1]: Das Verfahren ist besonders bei Geleisen in Anwendung gekommen, bei welchen die Schienen ohne besondere Fundierung im Pflaster liegen und die Stöße derart ausgeschlagen waren, daß eine baldige Auswechslung erforderlich gewesen wäre. In Frage kommen meist nur schwache Profile, welche durch den Betrieb nach unten durchgebogen sind. Sie werden im Betrieb wieder gerade gerichtet, indem man die Stöße einige Tage vor dem Verschweißen mit der betreffenden Fußplatte unterlegt. Der Schweißapparat besteht aus



Elektrische Schienenschweißung im Lichtbogen.

zwei Wagen, der eine enthält die Umformerstation für die Ermäßigung der Spannung von 550 auf 65 Volt. Auf dem zweiten Wagen ist die Akkumulatorenbatterie. Diese ist zum Generator parallel geschaltet und nimmt die Stromstöße auf. Während im Durchschnitt für die Schweißung nur 200 Ampere erforderlich sind, kann die Belastung bis auf 900 Ampere steigen. Während des Schweißens wird die Schiene mit dem einen, der Kohlenstab, welcher frei aufgehängt ist, mit dem anderen Pole verbunden. Die Schweißung wird in der Weise durchgeführt, daß entsprechend Fig. 147 über den Schienenfuß die beiden bügelförmigen Stücke *A* gelegt werden, die man ringsherum mit Chamotte abdichtet, so daß eine flache Mulde entsteht. Hierauf wird das schraffierte Stück des Fußes im Lichtbogen flüssig gemacht, so daß eine

1) Stahl und Eisen XXVI, 1906 p. 1024.

vollständige Verbindung mit der Unterlagsplatte eintritt. Der übrige Hohlraum wird mit entsprechendem Material vollgeschmolzen. Damit sich die Enden der Schienen während des Schweißens nicht verbiegen, werden sie mit dem schweren Formstück belastet. Nach erfolgtem Schweißen am Schienenfuß folgt das Verschweißen des Kopfes. Zu diesem Zwecke wird entsprechend Fig. 148 an beide Seiten der Schiene eine, dem Profil entsprechende Gußform *C* durch eine Druckvorrichtung angepreßt. Man schmilzt nun mittels der Kohlenelektrode ein 4—5 cm langes Stück herunter, so daß sich das geschmolzene Metall in der Gießform unterhalb der Linie 2—2 ansammelt. Das unterbrochene Stück der Rille wird wieder hergestellt, indem man den Kohlenstab *D* einzwängt und die Gießform entsprechend Fig. 149 durch Zusatzmetall bis etwas über Schienenkante vollschmilzt. Das eingeschmolzene Metall wird durch Hämmern verdichtet, die Oberfläche zur Beseitigung von Blasen nachgearbeitet und dann Gießform und Kohlenstab entfernt. Falls das Pflaster es erfordert, wird die Schweißwulst entfernt. Es werden in der zehnstündigen Schicht 13—15 Stöße geschweißt. Die Kosten ohne Strom betragen etwa 17 Mk. pro Stoß. Der Stromverbrauch inklusive Aufladen der Batterie kann mit 23 KW^h pro Stoß angenommen werden, was in den angeführten Fällen bei 12 Pfg. pro KW^h 2,76 Mk. pro Stoß ausmacht. Nach Angaben Stahl's eignet sich das Verfahren besonders für alte Geleise, während er für Neuanlagen das Goldschmidt'sche Thermitverfahren für geeigneter hält. (Kosten etwa 26 Mk. pro Stoß.) Wesentlich ist bei dem Verfahren, daß als Zusatzmaterial solches von möglichst gleicher Härte wie das der Schiene verwendet wird, damit der Verschleiß von Schiene und Schweißstelle ein gleichmäßiger bleibt und nicht durch verschiedene Härte wieder Schläge an den Schienenstößen verursacht werden.

B. Beide Pole Metall.

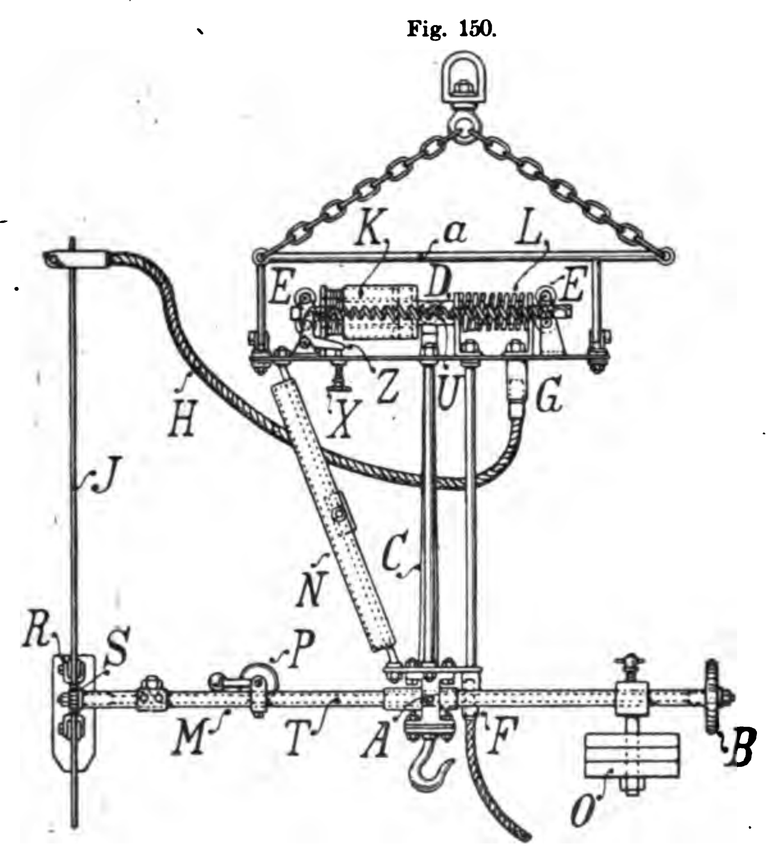
Wenn wir bei dem im vorstehenden Kapitel beschriebenen Verfahren von Bernardos den Kohlenpol durch einen Metallstab ersetzen, so wird dieser im Lichtbogen abschmelzen und das geschmolzene Material auf den anderen Pol übertragen werden. Diese Arbeitsweise, welche bis in das Jahr 1891 zurückreicht, liegt dem Verfahren von Slavianoff zugrunde und ist also eher als ein elektrisches Gießverfahren, wie als Schweißverfahren zu bezeichnen.[1]) Es kommen also zwei aus Metall bestehende Elektroden zur Anwendung, von denen eine das Gußmaterial liefert und aus dem gleichen oder einem anderen Metall bestehen kann, aus welchem der den anderen Pol und gewissermaßen die Gußform bildende Gegenstand besteht. Dieser Unterschied zwischen den Verfahren von Bernardos und Slavianoff ist nur in der Anwendung begründet. Vom Standpunkte des Bernardos-Patentes wäre dieser Unterschied nicht zu begründen, da in diesem ganz allgemein von einem dem Arbeitsstück genäherten elektrischen Leiter, ohne Beschränkung auf Kohle allein, gesprochen wird.[2])

1) A. Lohmann, Das Slavianoff'sche elektrische Gießverfahren ETZ. XVI, 1895. p. 325 und Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen XXXVI, 1895, Heft 2.

2) Zerener, Über elektrische Apparate zur praktischen Ausführung von Schweißungen, namentlich mit dem Slavianoff'schen Verfahren. Ber. des Ver. z. Bef. des Gewerbefl. 10. Juni 1895.

Infolge des Umstandes, daß bei dem SLAVIANOFF-Verfahren beide Elektroden aus Metall bestehen, ist die Anwendung einfacher Handapparate ausgeschlossen und eine automatische Regulierung des Lichtbogens erforderlich. Schließt man ohne eine solche den Stromkreis, so entsteht infolge des hohen Übergangswiderstandes an der Berührungsstelle eine derartig hohe Wärmeentwickelung, daß momentanes Schmelzen eintritt, geschmolzenes Metall kommt zwischen beide Pole, der Wiederstand sinkt, so daß das Metall erkaltet und beide Pole aneinanderschmelzen. Ein längeres Aufrechterhalten des Lichtbogens ist ausgeschlossen. Außerdem fließt von der Metallelektrode

Fig. 150.



Elektrischer Schweiß- und Gießapparat von SLAVIANOFF.

geschmolzenes Material ab, die Entfernung wird größer und ein Nachschieben der Elektrode erforderlich.

Die von SLAVIANOFF angewandte, automatische Regulierung ist in Fig. 150 dargestellt, und entnehmen wir aus der schon angeführten Veröffentlichung LOHMANNS die nachstehenden Angaben:

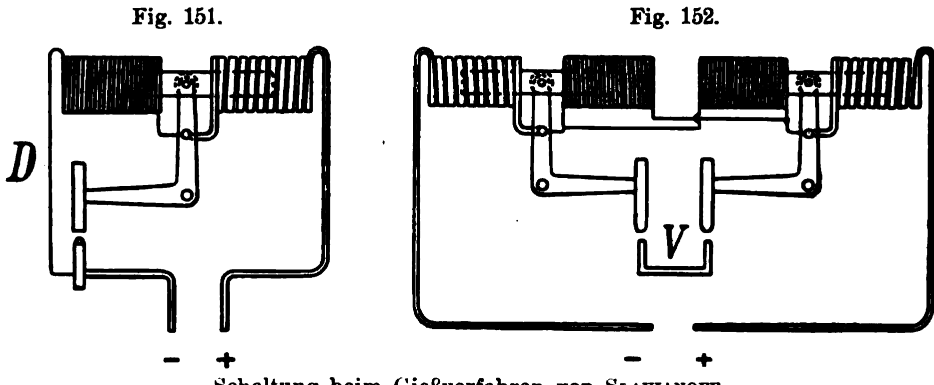
Ein im Punkte *A* gelagerter, sich nach oben verjüngender Hebel *C* trägt am äußersten Ende eine Rolle *D*, die zwischen den beiden Spulen *K* und *L* in den durch die letzteren hindurchgehenden Eisenkern *U* hineinragt. Der Eisenkern ist in horizontaler Richtung beweglich und in den Rollen *E* gelagert, durch welche er auch geführt wird. Im Punkt *A* ist senkrecht zu dem Hebel *C* und mit diesem fest verbunden die hohle Welle *M* angebracht,

in welcher die Triebstange *T* gelagert ist. Letztere kann mittels des Handrades *B* gedreht werden. Vorn trägt die Triebstange ein gezahntes Stahlrädchen *S*, an welches vermittels der Rollen *R* der abzuschmelzende Metallstab *J* gepreßt wird. Diese Vorrichtung wird von *P* aus bedient.

Wird nun mittels des Handrades die Triebstange *T* gedreht, so bewirkt das Stahlrädchen die Drehrichtung entsprechend ein Auf- und Abwärtsbewegen des eingespannten Stabes.

Zu beiden Seiten der Spulen *K* und *L* liegt je eine Spiralfeder, die gemeinsam durch die auf den Kniehebel *Z* wirkende Schraube *X* nach Erfordernis angespannt oder nachgelassen werden können. Die Spiralfedern wirken dem Einziehungsvermögen des Solenoids entgegen, sie vermindern die Empfindlichkeit des Apparates. Es ist dies bei der durch das stete Abtropfen des geschmolzenen Metalles sich rapid ändernden Stromstärke in gewissem Grade notwendig. Ohne diese Bremsvorrichtung würde das Regu-

Fig. 151. Fig. 152.



Schaltung beim Gießverfahren von Slavianoff.

lieren derart energisch vor sich gehen, daß infolge des Beharrungsvermögens der zu bewegenden, immerhin beträchtlichen Massen ein abwechselndes Schließen und Öffnen des Stromkreises stattfinden würde. Das auf der hohlen Welle *M* verschiebbar angebrachte und durch eine Druckschraube rasch feststellbare Gewicht *O*, aus einzelnen Platten bestehend, dient ähnlichem Zwecke. Der Rahmen *N*, der sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung verstellbar ist, enthält farbige Glasscheiben, um die Augen des Arbeiters zu schützen. Der ganze Apparat schwingt zwischen den beiden Armen der Gabel *a*. Der ganze Reguliermechanismus ist ebenso wie das den Nachschub bewirkende Triebwerk mit einem aus Eisenblech gefertigten Schutzkasten umgeben.

Die Hauptdimensionen des Apparates sind:

Länge vom Handrad bis zum Elektrodenstab	900 mm
Höhe von Mitte Triebstange bis zur Gabel	570 mm
Gewicht	31 kg.

In Fig. 151 ist ein Schema der Apparatenschaltung enthalten, Fig. 152 zeigt das Schema zweier Regulatoren in Serie, wobei die Hintereinanderschaltung *V* durch das Arbeitsstück erfolgt.[1])

Der Strom tritt durch ein an die Polklemme *F* angeschlossenes Kabel ein, umkreist im Solenoid *K* den Eisenkern *U* und geht bei *G* durch das

1) ETZ. 1895, p. 2.

sehr biegsame Kabel *H* zur Metallelektrode *J* und durch den Lichtbogen und das Arbeitsstück zur Stromquelle zurück.

Um den Apparat in Betrieb zu setzen, wird das Triebwerk für den Metallstab auf 15 bis 20 cm Entfernung vom Arbeitsstück eingestellt und dann mit dem Handrad der Stab in Berührung gebracht, also Kurzschluß hergestellt, worauf der Regulator sofort in Funktion tritt.

Der Nachschub des Stabes erfolgt im Großen von Hand, so daß der Regulator nur die Fehler der Handregulierung auszugleichen hat. Der Regulator kann Fehler von 30 bis 40 mm kompensieren, doch erreichen diese bei guten Arbeitern in der Regel nicht mehr wie wenige Millimeter im Maximum.

Die Anlage muß ferner so eingerichtet sein, daß ein Umschalten der Pole stattfinden kann, da es je nach den Arbeitsbedingungen erforderlich sein kann, das Arbeitsstück einmal als positven, das andere Mal als negativen Pol zu schalten. Soll z. B. der zu bearbeitende Gegenstand möglichst tief geschmolzen und eine recht innige Verbindung mit dem aufzuschmelzenden Metall erzielt werden, so wird das Arbeitsstück als positiver Pol geschaltet. Soll hingegen das Abschmelzen des Metallstabes möglichst rasch erfolgen, so ist dieser an den positiven Pol anzuschließen. Endlich kommen für die Wahl der Pole, besonders beim Behandeln von Gußeisen auch chemische Wirkungen in Betracht, da eine Verminderung des Kohlenstoffgehaltes ein hartes Gußeisen ergibt. Bei gußeisernen Gegenständen bildet also das Werkstück den negativen Pol, während man solche aus Schmiedeeisen und Stahl infolge des höheren Schmelzpunktes und geringeren Kohlenstoffgehaltes an den positiven Pol anschließt.

Die automatische Regulierung des Lichtbogens macht eine Akkumulatorenbatterie entbehrlich, und kann der Strom direkt von der Dynamomaschine abgenommen werden. Diese muß natürlich plötzliche Belastungserhöhungen gefahrlos aufnehmen können.

Für das Abschmelzen von Metallstäben mittlerer Stärke ist eine Anlage von ca. 40 KW erforderlich. So hatte z. B. die Firma Julius Pintsch in Fürstenwalde, welche Licenzträgerin für die Verfahren von Bernardos und Slavianoff in Deutschland und Österreich-Ungarn war, eine Nebenschlußmaschine für maximal 60 Ampere und 70 Volt bei 120 Umdrehungen im Betrieb.

Man rechnet pro qmm abzuschmelzenden Stabquerschnittes 7·5 bis 8 Ampere bei einer mittleren Spannung von 60 Volt. Es wird daher für die gebäuchlichen Stabdurchmesser erforderlich:

Tabelle LXX.

Durchmesser mm	Querschnitt qmm	Ampere	Volt	Kilowatt
10	78·5	600	60	36
9	63·6	500	60	30
8	50	400	60	24
6	28	200	60	12

Stabquerschnitte unter 6 mm Durchmesser sind nicht anwendbar, da die Abkühlung des abschmelzenden Metalles zu rasch erfolgt und die Wärmeentwickelung nicht mehr genügt, um auch entfernter liegende Metallschichten entsprechend zu erhitzen.

Das Verfahren eignet sich zum Gießen kleiner Gegenstände, wenn keine anderen Schmelzvorrichtungen zur Hand sind, zum Beseitigen von Rissen und Sprüngen in Metallgegenständen, zum Verbinden von Teilen gebrochener Werkstücke, Entfernen von Blasen und Hohlräumen in Gußstücken, Erneuerung abgenutzter Flächen durch Aufgießen entsprechender neuer Metallschichten, Verschmelzen zweier Schichten aus verschiedenem Metall, Beseitigung von Löchern aus Maschinenteilen bei Abänderungen oder falscher Anbringung, Verbesserung schlecht geschweißter Stellen, Angießen abgebrochener Teile usw.

Vor dem eigentlichen Guß ist der zu behandelnde Gegenstand zunächst durch Ausmeißeln, Hobeln, Bohren usw. mechanisch entsprechend vorzubereiten, worauf die Gießform angefertigt und der Gegenstand vor dem Gießen noch entsprechend angewärmt wird. Die Gießform ist entsprechend tief zu gestalten, um die Schlacke aufnehmen zu können, welche sich während der Behandlung aus den Oxydationsprodukten und den Zusätzen sich bildet. Das Material, aus dem die Gußform herzustellen ist, richtet sich nach dem zu behandelnden Metall. Sie wird z. B. für Gußeisen aus gepreßten Platten von Retortenkoks, für Stahl und Schmiedeeisen aus Sand hergestellt, während für Kupfer und Bronce beide Materialien zulässig sind. In älteren Zeitschriften[1]) findet man mehrfach Abbildungen von nach dem Slavianoff-Verfahren reparierten Werkstücken, wie Lokomotivdampfzylinder, Gehäuse von Westinghousedampfmaschinen usw.

Das Anwärmen der Arbeitsstücke macht bei hämmerbaren Metallen gar keine Schwierigkeiten, während es bei nichthämmerbaren Metallen, z. B. Gußeisen, große Vorsicht und Erfahrung erfordert.

Die Schmelzelektrode wird bei Gußeisen aus 100 Teilen Gußeisen und 13 Teilen Ferrosilizium hergestellt, so daß eine Legierung von rund 3—6 % Kohlenstoff und 3 % Silizium erhalten wird. Durch das Schmelzen wird der Siliziumgehalt bis auf 1 % heraboxydiert. Für Flußeisen und Stahl gibt man der Schmelzelektrode Zusätze von Ferromangan oder Ferrochrom, z. B. bei Flußeisen 5 %, bei Stahl 1 % Ferromangan von 80 % Mangangehalt.

Nach dem Guß muß bei richtiger Arbeit auch nachgewärmt werden, um zu rascher Abkühlung und einem Reißen der Gußstücke vorzubeugen.

C. Beide Pole Kohle.

Der einfache Lichtbogen zwischen zwei Kohlenelektroden ist im allgemeinen für die direkte Metallbearbeitung zu kurz, und finden wir daher in den Verfahren dieser Gruppe in der Regel die magnetische Ablenkung des Lichtbogens benutzt.

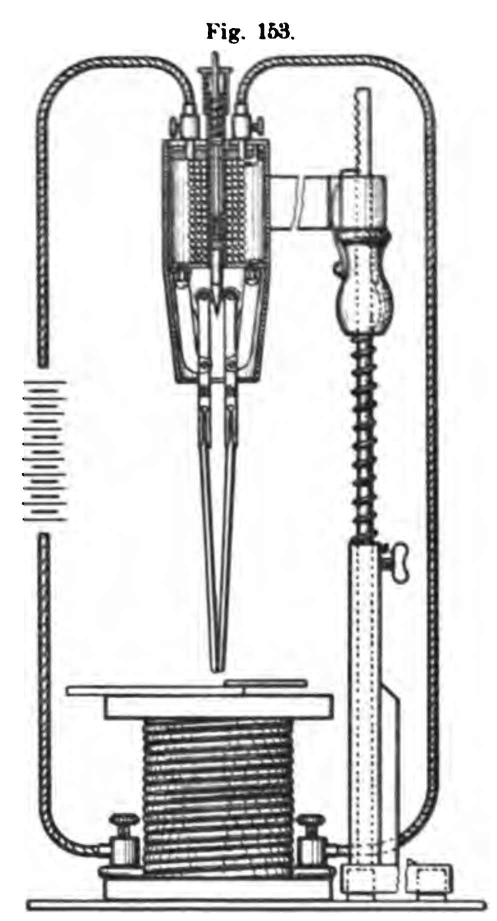
Wie schon auf Seite 6 erwähnt, ist die Ablenkung des Lichtbogens durch den Magneten seit Davy's Versuchen und den Arbeiten von Guet bekannt, und handelt es sich bei den späteren Erfindern (Coffin, Bernardos, Zerener) um die Durchbildung entsprechender technischer Konstruktionen unter Benutzung eines bekannten Prinzips. Es ist daher die seinerzeit

1) Z. B. ETZ. 1895, p. 328.

zwischen RÜHLMANN und UPPENBORN aufgeworfene Streitfrage [1], ob die Priorität bezüglich magnetisch abgelenkter Lichtbögen für Schweiß- und Lötzwecke BERNARDOS oder COFFIN, bzw. ZERENER zuzuschreiben sei, von untergeordneter Bedeutung.

BERNARDOS hat allerdings schon im Jahre 1885 in dem französischen Patent Nr. 171 596 einen Apparat (Fig. 153) beschrieben, der eine magnetische Ablenkvorrichtung besitzt. Die beiden Kohlenspitzen, welche sich im stromlosen Zustande berühren, werden durch eine konisch endende Stange, die bei Stromschluß in das obere Solenoid hineingezogen wird, voneinander entfernt und dadurch der Lichtbogen gebildet. Gleichzeitig durchfließt der Strom ein unterhalb des Arbeitsstückes befindliches Solenoid, so daß der Lichtbogen gegen das Arbeitsstück abgelenkt wird.

Fig. 153.



Lichtbogen mit magnetischer Ablenkung nach BERNARDOS.

Allerdings scheint aber BERNARDOS, wie UPPENBORN (l. c.) ganz richtig bemerkt, eher die Absicht gehabt zu haben, durch ein magnetisches Feld dem Lichtbogen größere Stetigkeit zu geben und ihn auf das Werkstück hinzulenken.

Zu wirklicher technischer Anwendung sind nur die elektromagnetischen Gebläse von COFFIN und ZERENER gelangt. Beide Verfahren erstreben durch die elektromagnetische Ablenkung des Lichtbogens eine bessere Regulierung der Wärmewirkung.

Bei COFFIN [2]) stecken die Kohlenstäbe in zwei Haltern, die zueinander im spitzen Winkel stehen. Darüber ist der Magnet angebracht, der den Lichtbogen nach unten bläst. Für leichtere Arbeiten war der tragbare Schweißapparat auf einem Gestell mit isolierten Rollen montiert, welches gleichzeitig den Regulierapparat trug. Die Regulierung der Stichflamme konnte einerseits durch die Spannung, andererseits durch verschiedene Stellung des mit Gewinde versehenen Eisenkernes der Spule erfolgen. Für die Regulierung der Stromstärke war an dem Gestelle eine Skala mit Zeiger angebracht.

Seit dem Jahre 1889 beschäftigt sich besonders ZERENER mit der Konstruktion elektrischer Lichtbogen-Schweißapparate mit magnetischer Ab-

---

1) ETZ. XI, 1890, 641—42.

2) ETZ. XI, 1890, p. 553. Siehe auch FODOR, Die elektrische Schweißung und Lötung 1892, p. 140. Verlag Hartleben, Wien-Leipzig.

lenkung. Zur Regulierung seiner Apparate verwendete ZERENER von Anfang an: Die Veränderung der Stromstärke als solcher, die Veränderung des magnetischen Feldes und endlich Vorrichtungen zur Einstellung der Wärme-

Fig. 154.

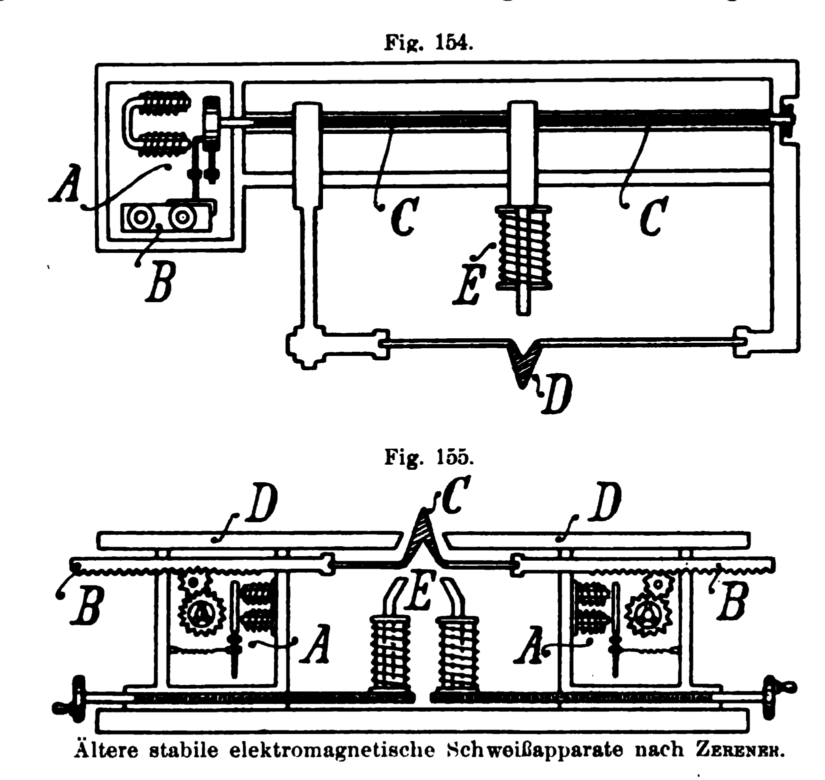
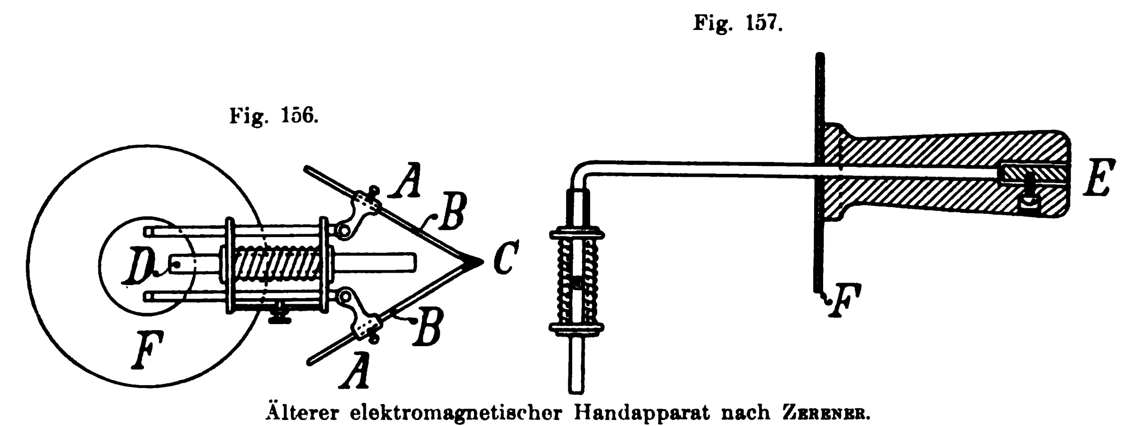


Fig. 155.

Ältere stabile elektromagnetische Schweißapparate nach ZERENER.

Fig. 157.

Fig. 156.



Älterer elektromagnetischer Handapparat nach ZERENER.

quelle auf größere oder kleinere Entfernung vom Werkstück. Zuerst benutzte ZERENER eine getrennte Erregung, bzw. eine Anordnung der Magnete im Nebenschluß. Solche Anfangskonstruktionen zeigen die Figuren 154 bis 157.[1])

Die Figuren 154 und 155 zeigen solche stabile Apparate mit horizontalen Elektroden. *A* bezeichnet den automatischen Regulator, *B* in Fig. 155

1) FODOR, Die elektrische Schweißung und Lötung 1892, p. 146. Verlag Hartleben, Wien-Leipzig.

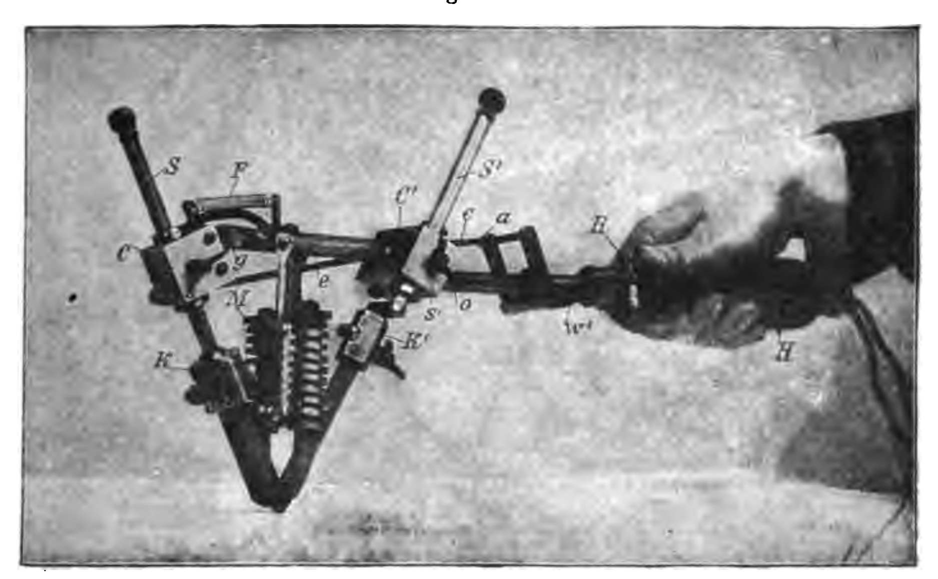
zwei die Kohlen tragende Zahnstangen, *C* bzw. *D* den Lichtbogen, *D* in Fig. 155 die beweglichen Arbeitsplatten, *E* die Elektromagnete.

Die Figuren 156 und 157 stellen einen Handapparat dar, bei welchem die Kohlen im Winkel zueinander stehen. Hier bezeichnet *A* den Stromregulator, *B* die Kohlen, *C* den Lichtbogen, *D* den Elektromagneten, *E* die Anschlußstelle für den Strom, *F* einen Schutzschirm für die Hand des Arbeiters.

Später ging ZERENER dazu über, den Magneten im Hauptstrom anzuregen.[1]) Es geschah dies hauptsächlich mit Rücksicht auf eine Vereinfachung des Betriebes und wurde je nach dem für die bezüglichen Arbeiten normalen Stromverbrauch die Stärke des Magneten nach Amperewindungen bestimmt und dieser in den Hauptstromkreis verlegt.

Fig. 158 zeigt einen solchen Handapparat von ZERENER mit dem Magneten im Hauptstromkreis. Das gebogene Rohr *O* ist in einem Holzheft *H*

Fig. 158.



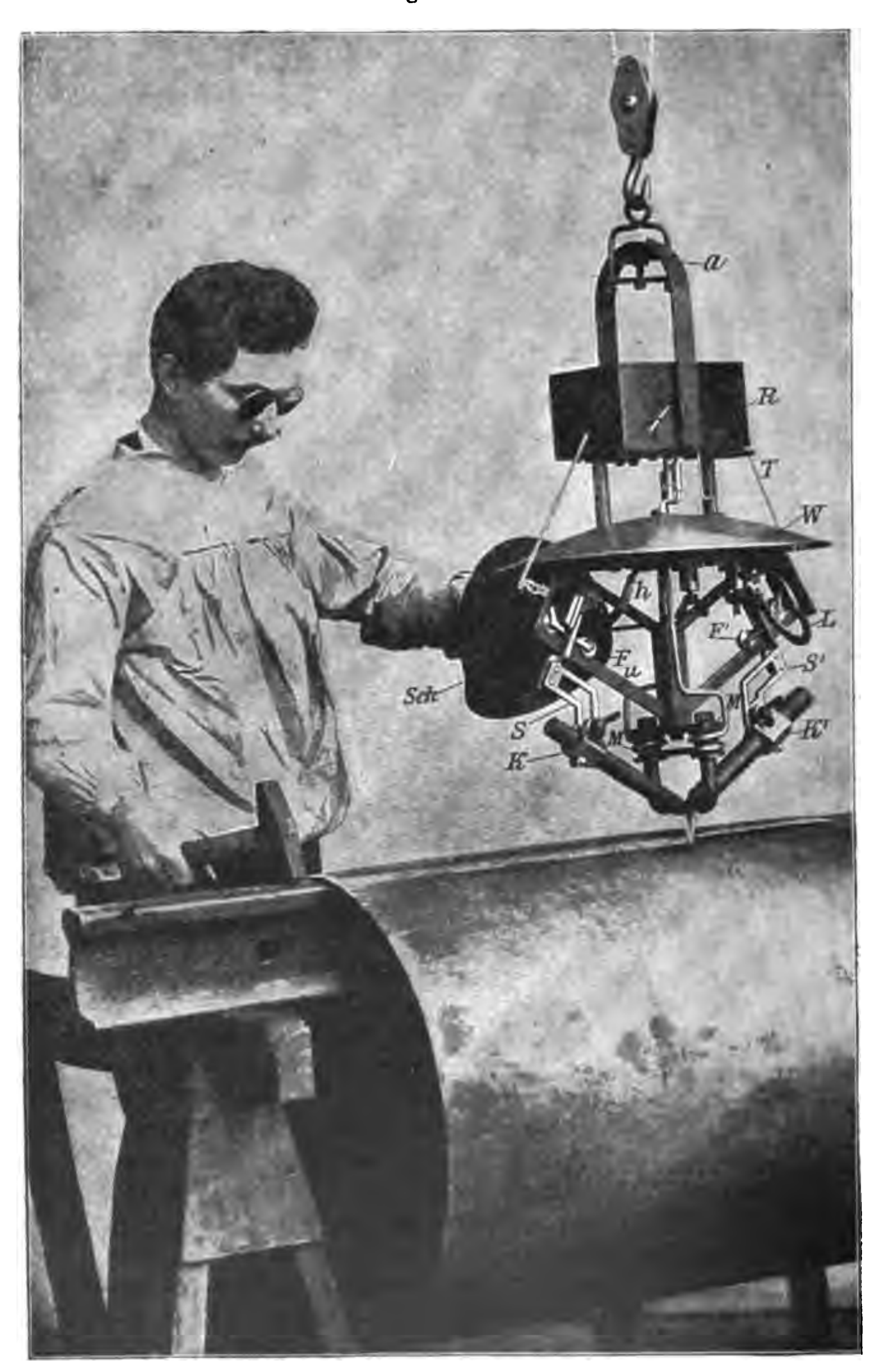
Elektromagnetischer Handapparat nach ZERENER. Elektromagnet im Hauptstromkreis.

befestigt und trägt gleich hinter seiner ersten Krümmung einen nichtleitenden, rechteckigen Körper *C'*. Dieser enthält eine Meßringhülse, welche zur Aufnahme der genuteten, verschiebbaren, runden Stange *S'* dient, welche den Kohlenhalter *K'* trägt. Ein zweiter, dem gleichen Zwecke dienender, prismatischer Körper *C* ist durch ein Gelenk *g* drehbar mit dem Ende des Rohres *o* verbunden. Die Stellschrauben *ss'* dienen zum Fixieren der Stangen *SS'*. An der vorderen, linken Seite des Handgriffes *H* ist ein Winkelhebel angebracht, dessen einer Schenkel *w'* durch die Schraube *R* bedient wird. Der zweite Schenkel ist bügelförmig ausgebildet. Er trägt auf der rechten Seite des Handgriffes bei *a* eine dünne Zugstange *e*. Diese kann das Isolierstück *C* anziehen und dadurch die beiden Kohlen *KK'* zur Berührung bringen. Die Feder *F* dient dazu, die entgegengesetzte Bewegung von *C* zu bewirken. Der Arbeiter kann also die Regulierschraube *R* mit

1) ETZ. XVII, 1896, p. 46.

dem Daumen nach rechts oder links drehen und dadurch den Hebel senken oder heben, bzw. die Kohlen nähern oder entfernen. Derartige, speziell für Lötzwecke gebaute Handapparate erforderten 18—50 Ampere bei 65 Volt Betriebsspannung.

Fig. 159.



Selbstregulierender elektrischer Schweißapparat nach Zerener.

In Fig. 159 ist ein selbstregulierender, speziell für Schweißzwecke gebauter Apparat dargestellt.

Der an einem Kugelgelenk beweglich aufgehängte und senkrecht verstellbare Apparat wird von der linken Hand des Arbeiters durch den hinter dem Schutzblech *Sch* angebrachten Handgriff bedient. Die beiden Kohlen *KK'* hängen mit ihren Klemmbacken an den stumpfwinklig geformten Teilen *SS'*, welche durch die Rollen *FF'* längs der beiden parallelen Schienen *u* und *h* im stumpfen Winkel so geführt werden, daß die Spitze der negativen Kohle stets unter den Krater der positiven Kohle zu liegen kommt. *W* ist der Wärmereflektor, *R* der Reguliermechanismus. Letzterer ist durch die über

Fig. 160.

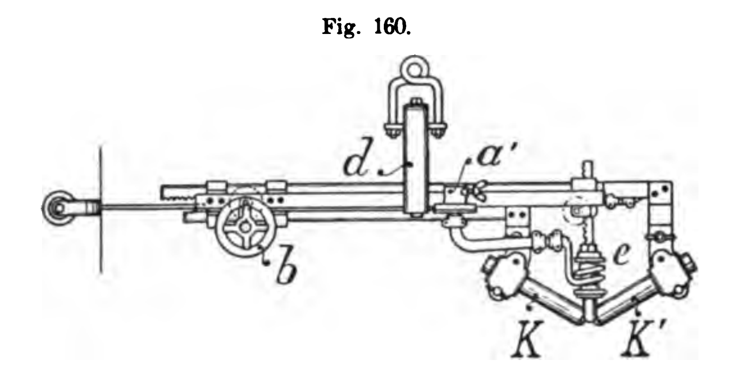
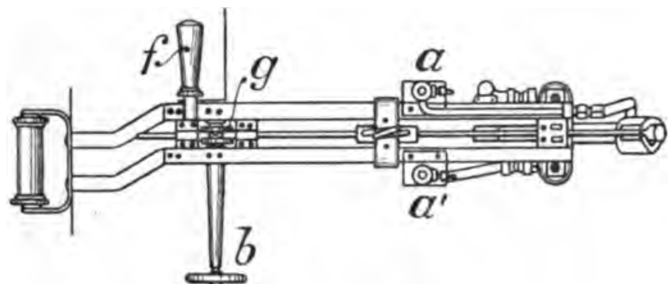


Fig. 161.



Neuerer elektromagnetischer Handgießapparat nach ZERENER.

Rollen geführten Ketten *T* mit den beweglichen Kohlenhaltern verbunden. Der Reguliermechanismus ist analog den Bogenlampenregulatoren gebaut, muß aber für bedeutend höhere Stromstärken geeignet sein. Dabei ist zu berücksichtigen, daß er hoher strahlender Wärme ausgesetzt ist. Er wird deshalb hochgehängt und durch den Schirm *W* aus Neusilber geschützt.

Diese Schweißapparate wurden für Stromstärken von 35 bis 250 Ampere bei 65 Volt Betriebsspannung gebaut. Sie benötigten für größere Schweißungen ca. 120, für Gußreparatur 200 bis 225 Ampere.

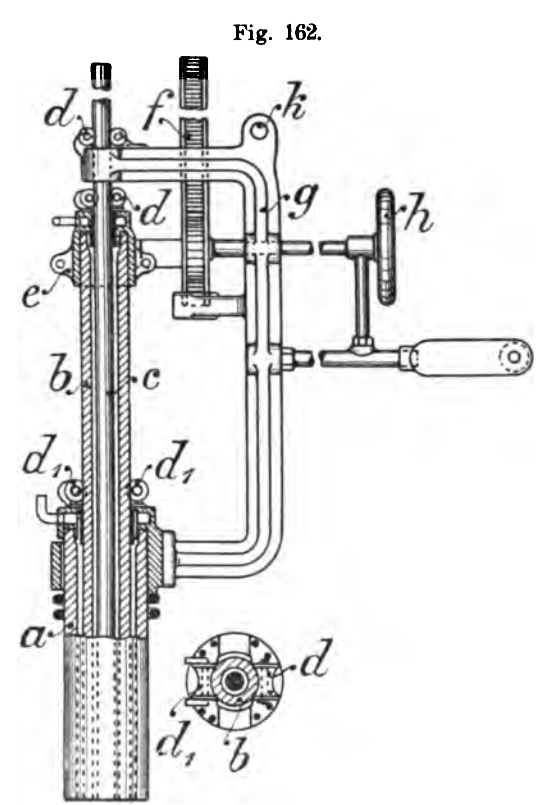
Die Fig. 160 und 161 zeigen einen elektrischen Handgießapparat neuerer Konstruktion von ZERENER.[1]) Das Handrad *b* wirkt auf zwei Zahnräder *g*, welche zwei Zahnstangen im entgegengesetzten Sinne bewegen. Die beiden Zahnstangen tragen an ihren Enden die beiden Kohlenhalter. Durch die

1) ZERENER, Elektrisches Gießen. Gießerei-Zeitung 1904, Nr. 6, p. 183.

bewegliche Befestigung des positiven Halters *K* bildet sich der Lichtbogen beim Einschalten von selbst und wird dann durch die Drehung des Handrades *b* erhalten. Der Apparat ist bei *d* aufgehängt, *aa'* sind die Stromzuführungen, *f* ein Handgriff, *e* der Elektromagnet. Der abgebildete Apparat ist für Stromstärken bis zu 300 Amp. bestimmt.

Eine ebenfalls in diese Gruppe fallende Apparatentype von ZERENER bezweckt, speziell bei Anwendungen in der Gießerei, die chemische Einwirkung von Gasen während des Gießens heranzuziehen, also Oxydations- und Reduktionsprozesse an der Gießstelle durchzuführen. Es werden zu diesem Zwecke Apparate mit konzentrischen Kohlenelektroden angewendet, zwischen denen der Gasstrom zugeführt wird. Solche Apparate können mit und ohne Elektromagnet ausgeführt werden. Für bestimmte Zwecke ist in den Elektroden selbst noch ein Abschmelzstab aus Metall angeordnet. Einen solchen Gießapparat mit Röhrenelektroden ZERENER zeigt Fig. 162.[1])

Fig. 162.



Elektrischer Gießapparat mit Röhrenelektroden nach ZERENER.

Bei diesem Apparat hat der innere Kohlenzylinder eine bewegliche Führung und enthält einen Abschmelzstab aus Eisen. *a* ist die äußere Kohlenelektrode, *b* die innere und *c* der Eisenstab, der von Hand durch die Gleitrollen *d* geführt wird. Der untere und obere Elektrodenhalter haben Ansätze für die Gaszuführung. Die obere Elektrode wird durch die Zahnräder *f*, das Handrad *h* und den an dem Rahmen *g* sitzenden Handgriff dirigiert. *k* ist die Aufhängeöse für den Rahmen.

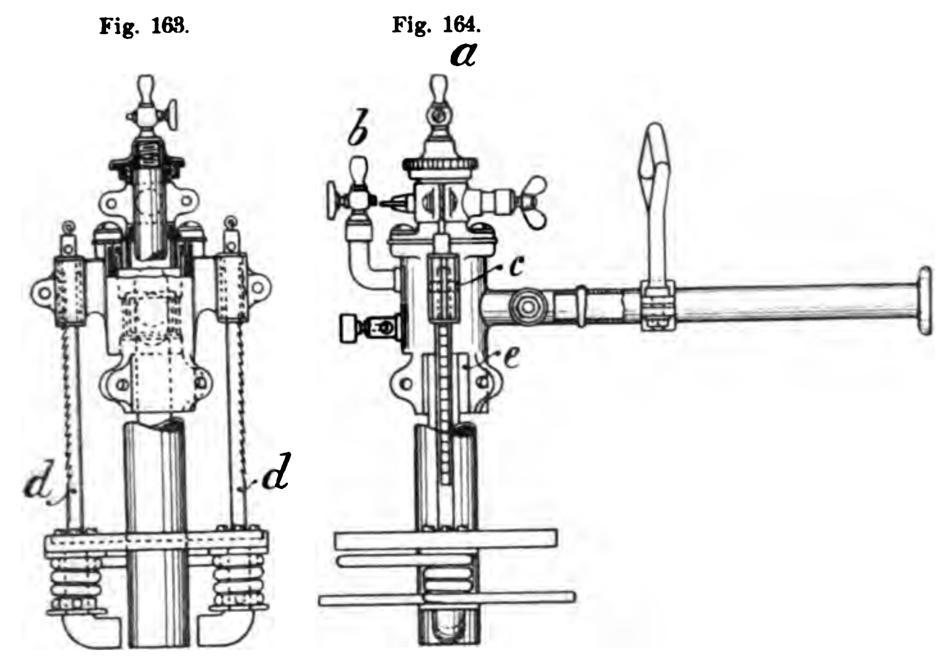
Der kleine elektrische Gießapparat für zwei Gase in den Fig. 163 und 164 hat eine innere Kohlenstab- und eine äußere Kohlenrohrelektrode und ist mit magnetischer Lichtbogenablenkung versehen. Das mit Asbest abgedichtete Kopfstück *a* mit Schlauchansatz zum eventuellen Einlassen eines Gases kann ganz abgeschraubt und nötigen Falles auch in diesem Apparate statt einer massiven Kohle im Innern ein Kohlenrohr genommen und durch dieses das Schmelzgut eingeführt werden. Dasselbe kann dann wie der Eisenstab *c* bei dem vorhin angeführten Apparat in einer sauerstofffreien oder in einer Wasserstoffatmosphäre schmelzen und kommt ganz rein auf die Ausbesserungsstelle oder in die Form, in welcher es gegossen werden soll. Die Ansätze *ab* mit Hahn zeigen,

1) ZERENER, Elektrisches Gießen. Gießerei-Zeitung 1904, Nr. 6, p. 185.

daß auch hier eventuell zwei verschiedenen Zwecken dienende Gase verwendet werden können, in welchem Falle zwei konzentrische Kohlenrohre zu verwenden sind. Die Kohlenhalter *c c* sind, wenn auch voneinander isoliert, in einem Körper vereinigt. Durch die Zahnstangen *d* wird der Elektromagnet, dem Abbrand der Kohlenelektroden folgend, verstellt.

Einen langen Lichtbogen, der ähnlich wie die elektromagnetisch abgelenkte Stichflamme wirkt, kann man mit metalloxydhaltigen Kohlen erreichen,

Fig. 163. Fig. 164.



Elektrischer Gießapparat mit Röhrenelektrode und elektromagnetischer Ablenkung nach Zerener.

und benützt De Tunzelmann diese Erscheinung auch für Löt- und Schweißzwecke. Die Elektroden stehen nahezu senkrecht zueinander. De Tunzelmann benützt in seinen Apparaten Stromstärken von 25 bis 400 Ampere bei 55 bis 70 Volt.

D. Konkurrierende nichtelektrische Verfahren.

Die vorstehend behandelten Schweiß- und Lötverfahren im Lichtbogen haben zum größten Teil nur Interesse als Hilfsverfahren und Reparaturmittel in der Metall-, bzw. Maschinenindustrie. Sie haben infolgedessen keine sehr ausgedehnte Anwendung gefunden. In neuerer Zeit sind ihnen außerdem mächtige Konkurrenten in rein chemischen Verfahren entstanden. Für die eigentlichen Löt- und Schweißzwecke, insbesondere die sogenannte autogene Schweißung ist heute die Knallgas-, bzw. Sauerstoff-Acetylenflamme sehr bequem zu beschaffen. Es wirkte da insbesondere die Entwickelung der Industrie komprimierter Gase sehr fördernd, außerdem wurden die elektrolytischen Wasserzersetzungsapparate auf einen hohen Grad der technischen Durchbildung gebracht. Endlich muß hervorgehoben werden, daß die großen

elektrolytischen Chlor- und Alkalianlagen große Mengen von Abfallwasserstoff heute erhalten, der als Nebenprodukt nur mit den Kosten der Kompression zu belasten ist und daher sehr billig abgegeben werden kann. Auf diese Verhältnisse hier näher einzugehen, würde die Ziele des Handbuches überschreiten, und sei auf die Spezialliteratur verwiesen. [1])

Die Verwendung des Lichtbogens für Gießereizwecke, wie sie das Verfahren von SLAVIANOFF speziell für Reparaturen angestrebt hat, findet wieder einen mächtigen Konkurrenten in dem GOLDSCHMID'schen Thermitverfahren.

Daß es in den meisten Fällen bequemer und billiger ist, sich einige Bomben komprimierter Gase und einen Schweißbrenner oder einige Kilogramme Thermit anzuschaffen, anstatt mehr oder minder komplizierte Schweißapparate, womöglich noch mit zugehöriger, elektrischer Stromlieferungsanlage aufzustellen, wird jedermann ohne weiteres einleuchten.

3. Lichtbogenöfen.

Ebenso wie bei den Widerstandsöfen entfernen wir uns auch bei der Besprechung der Lichtbogenöfen noch mehr von dem Gebiete der reinen Elektrotechnik, da wir es in diesem Falle mit Apparaten zu tun haben, bei welchen die im Ofen zu behandelnden Körper, sowohl Rohmaterial als Endprodukt, von einschneidenster Bedeutung nicht nur für die Konstruktion, sondern auch für die Auswahl der Ofenmaterialien sind. Bei der großen Anzahl von elektrothermischen Verfahren, die teils nur für den Laboratoriumsversuch, teils für die großindustrielle Anwendung die verschiedensten Anforderungen an den Ofenkonstrukteur stellen, ist es unmöglich und auch außerhalb des Rahmens des Handbuches liegend, auf alle die verschiedenen Detailkonstruktionen einzugehen. Dazu kommt noch der Umstand, daß zwar eine Unmenge von Konstruktionen durch Patentbeschreibungen bekannt geworden ist, von welchen nur eine verhältnismäßig geringe Anzahl, aber auch diese wohl in einer von den Patentbeschreibungen ziemlich abweichenden Form, zur Anwendung gelangt ist. Über die wirkliche Ausführungsform solcher Öfen wird wenig Näheres der Öffentlichkeit übergeben. Wir werden uns also darauf beschränken, einige typische Formen der Lichtbogenöfen herauszugreifen.

Von den Öfen mit Lichtbogenbetrieb können wir zunächst zwei große Gruppen unterscheiden:

1. Öfen, welche dazu bestimmt sind, bei elektrothermischem Verfahren feste Rohmaterialien, beziehungsweise die aus diesen zu erzeugenden Reaktionsprodukte in flüssige Form, in einzelnen Fällen auch in Gase oder Dämpfe überzuführen. In diese Gruppe fallen hauptsächlich Verfahren zur Herstellung von Metallen, Metalloiden, Carbiden usw.

2. Öfen, in welchen gasförmige Rohmaterialien auf ebenfalls gasförmige Produkte verarbeitet werden. Hier haben wir es als Hauptanwendungsgebiet mit der Herstellung von Salpetersäure aus der atmosphärischen Luft zu tun.

1) ENGELHARDT, Die Elektrolyse des Wassers, ihre Durchführung und Anwendung 1902. W. Knapp, Halle a. S. SCHOOP, Die industrielle Elektrolyse des Wassers 1901. Encke, Stuttgart.

In den Öfen der ersten Gruppe lassen sich mehrere ziemlich scharf getrennte Unterabteilungen unterscheiden. Von den verschiedenen Gesichtspunkten, die man für eine solche Unterteilung heranziehen könnte, scheint dem Verfasser mit Rücksicht auf die Zwecke des Handbuches die Unterteilung, welche BORCHERS in seinem neuesten Handbuch über elektrische Öfen [1]) gewählt hat, die zweckmäßigste zu sein, und soll diese daher ebenfalls als Grundlage genommen werden; BORCHERS unterscheidet:

a) Öfen mit direkter Lichtbogenerhitzung.

α) Öfen, in denen die zu erhitzende Substanz einen oder beide Pole eines Lichtbogens bildet.

β) Öfen, in welchen die direkte Lichtbogenerhitzung mit einer Widerstandserhitzung vereinigt ist.

b) Öfen mit indirekter Lichtbogenerhitzung, bei welchen sich also die zu erhitzende Substanz in einem, durch unabhängige Lichtbogen erhitzten, Raume befindet. Solche Öfen werden recht zweckmäßig mit dem Sammelnamen elektrische Strahlungsöfen bezeichnet.

Mit der fortschreitenden Entwickelung der elektrischen Öfen im allgemeinen und also auch der Lichtbogenöfen wurden nicht nur einzelne Industrien neu geschaffen oder in ihren Fabrikationsverfahren teilweise abgeändert, sondern die auf anderem Wege früher nicht erreichbaren Temperaturen und die sonstigen durch den elektrischen Ofen gegebenen Anwendungsmöglichkeiten führten zu einer eigenen Chemie der hohen Temperaturen und zu einer ganzen Unzahl von Arbeiten, die lediglich aus theoretischem Interesse und ohne besondere Rücksicht auf technische Verwendbarkeit durchgeführt wurden. Es bildeten sich daher einige charakteristische Typen von Laboratoriumsöfen aus, so daß es zweckmäßig sein wird, in den oben angeführten Untergruppen auf die Verwendung im Laboratorium gegenüber dem industriellen Großbetrieb teilweise gesondert zurückzukommen.

A. Lichtbogenöfen für die Überführung festen Rohmaterials in flüssige oder gasförmige Produkte.

a) Direkte Lichtbogenerhitzung.

α) Die Substanz bildet einen oder beide Pole des Lichtbogens.

Als Typus dieser Öfen können wir die gegen Ende der siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts von CH. W. SIEMENS für Stahlschmelzversuche konstruierten und die etwa zehn Jahre später von HÉROULT für Zwecke der Aluminiumdarstellung erdachten elektrischen Tiegelöfen ansehen. Ganz schematisch genommen, besteht bei der ersten dieser beiden Ausführungsformen der als Ofen wirkende Tiegel aus nichtleitendem, aber feuerbeständigen Material und enthält eine durch den Tiegelboden gehende Elektrode, während die zweite Elektrode in den Tiegelraum hineinragt (Fig. 165).

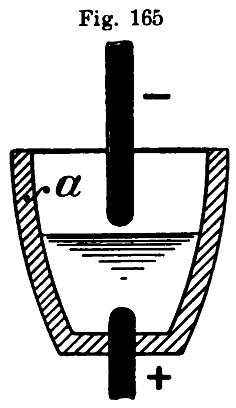
Im zweiten Falle besteht der Tiegel selbst aus leitendem Material, z. B. Graphit oder Kohle, und die zweite Elektrode ragt wieder von oben in den Tiegelraum herein (Fig. 166). An diese beiden grundlegenden Typen lehnen sich alle Spezialkonstruktionen dieser Gruppe mehr oder weniger an.

1) BORCHERS, Die elektrischen Öfen 1907. Verlag W. Knapp, Halle a. S.

αα) Ausführungen für Laboratoriumsbetrieb.

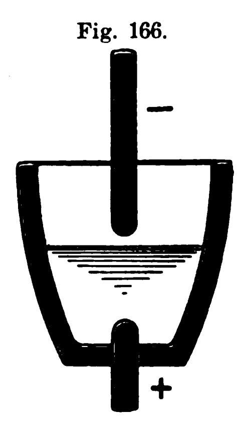
In diese Gruppe fallende Öfen haben insbesondere BORCHERS und die Deutsche Gold- und Silberscheideanstalt in sehr zweckmäßigen Ausführungsformen konstruiert. Diese Konstruktionen benutzen in den

Fig. 165



Tiegelofen nach SIEMENS, schematisch.

Fig. 166.

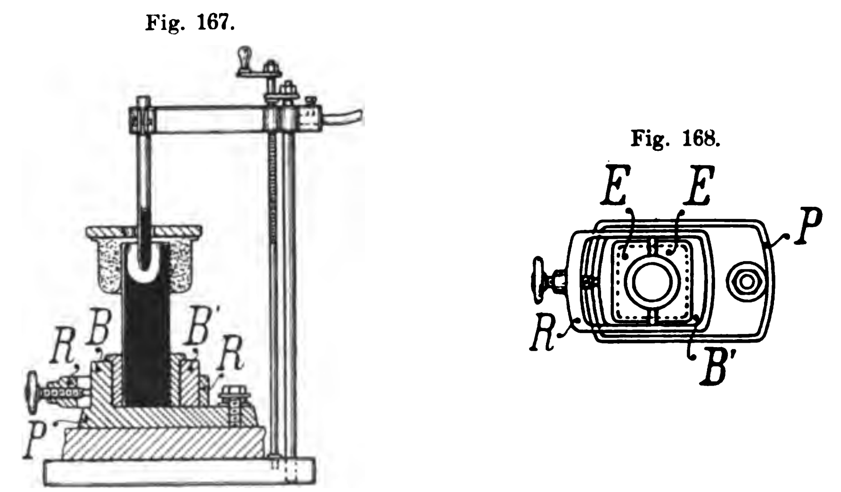


Tiegelofen nach HÉROULT, schematisch.

meisten Fällen den Ofenraum selbst als eine Elektrode, lehnen sich also an den oben beschriebenen HÉROULT-Typus an.

Der einfachste BORCHERS'sche Laboratoriumsofen ist in den Figuren 167 und 168 dargestellt. [1]) Der eigentliche Ofenkörper besteht aus einem dicken Kohlenstab, in dessen oberen Ende die Tiegelöffnung ausgebohrt ist. Das

Fig. 167. Fig. 168.



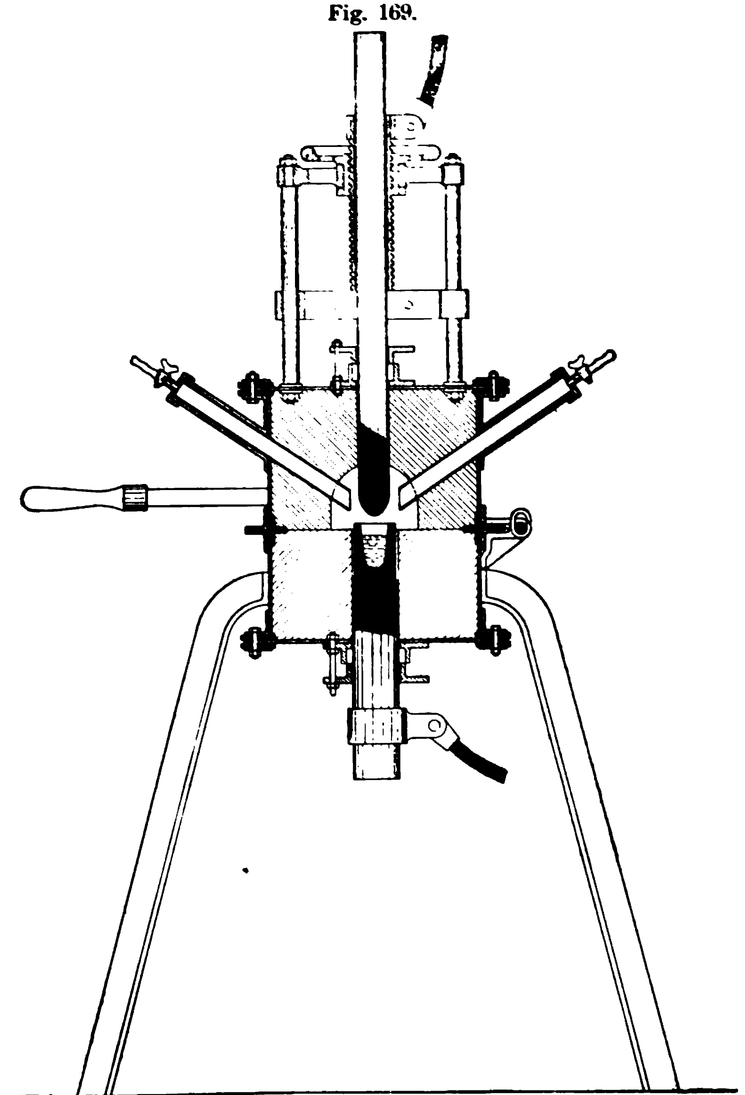
Laboratoriumsofen nach BORCHERS.

untere Ende des Stabes ist in eine Klemmbacke eingesetzt, welche an die Stromzuführung angeschlossen ist. Der untere Kontakt besteht aus einer Bodenplatte *P*, welche eine feststehende Backe *B* und den beweglichen Teil *B'* trägt. Durch den mit der Klemmschraube versehenen Bügel *R* können beide Teile an den Kohlenklotz fest angepreßt werden. Durch Einsätze *E* ist die Ver-

1) BORCHERS, Die elektrischen Öfen 1907, p. 76. Verlag W. Knapp, Halle a. S.

wendung verschiedener Tiegelgrößen ermöglicht. Der obere Kohlenrand ist mit einer mit Holzkohlenpulver gefüllten Blechhülse umgeben, um das Abbrennen der Kohle in der Schmelzzone zu vermeiden. Eine zweite, von BORCHERS nach Grundgedanken von POULENC und MELANS angegebene Konstruktion ist in Fig. 169 dargestellt.[1]

Fig. 169.



Laboratoriumsofen von POULENC und MELANS.

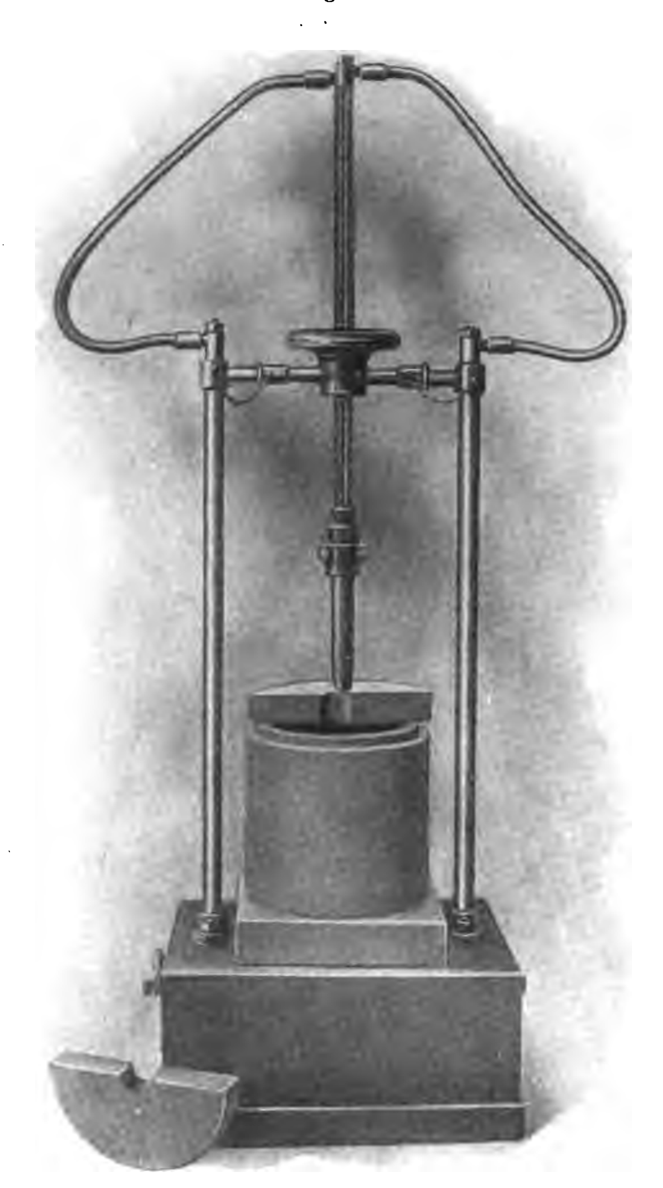
Der eigentliche, verhältnismäßig kleine Schmelzraum ist in dem kräftigen Magnesitfutter des zweiteiligen Eisenmantels ausgespart. Die voneinander und von dem Eisenkasten isolierten Elektroden treten durch Stopfbüchsen in den Schmelzraum ein. Die untere Elektrode trägt einen kleinen Kohlentiegel. Seitliche Aussparungen mit Rohrstutzen gestatten die Zuführung des Schmelzgutes und die Beobachtung des Ofeninnern und können

1) l. c. p. 91.

mit Schlauchverbindungsstücken versehen werden, falls die Zu- und Ableitung von Gasen erwünscht ist.

Eine englische Ausführungsform solcher Laboratoriums-Lichtbogenöfen von MARRYAT & PLACE in London ist in Fig. 170 dargestellt.

Fig. 170.



Tiegelofen von MARRYAT & PLACE, London.

Bei diesem Ofen vom HÉROULT-Typus bildet der leitende Tiegel den positiven, eine längs einer Bronzespindel verstellbare Kohlenstange den negativen Pol.

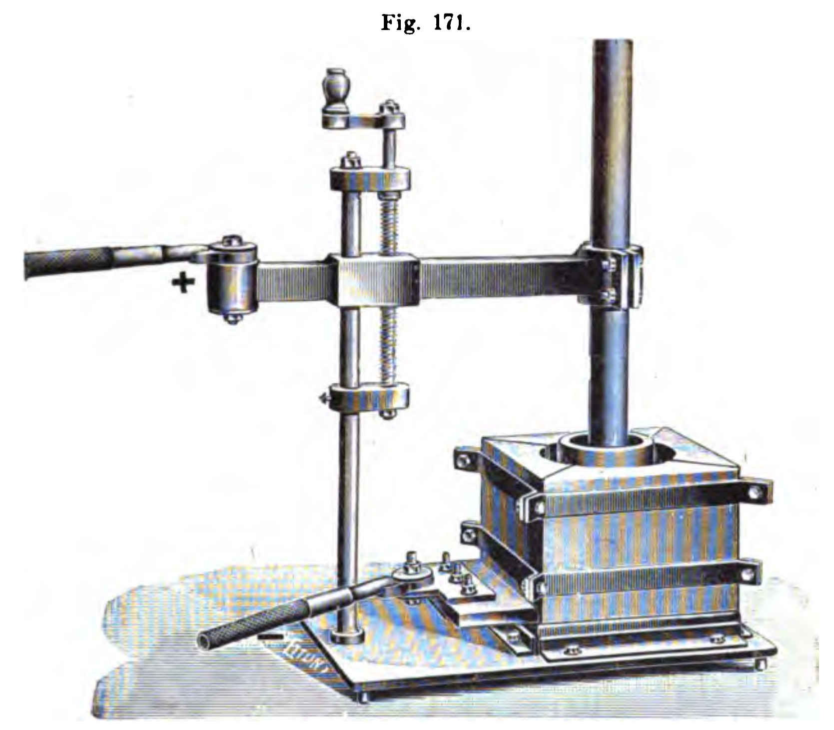
Der Ofen ist für eine Leistung von 400 bis 500 Ampere bei 70 Volt

bestimmt und ist imstande, ca. 30 kg Eisen in 20 bis 25 Minuten zu schmelzen.

Sehr praktische und in Versuchslaboratorien vielfach gebrauchte Lichtbogenöfen hat die Deutsche Gold- und Silberscheideanstalt in Frankfurt a. M. ausgearbeitet und auf den Markt gebracht.

Bei der in Fig. 171 dargestellten, einfachsten Form trägt eine Chamotteplatte eine an den einen Pol angeschlossene Kohlenplatte. Auf diese ist ein vierteiliger, mit einer zylindrischen Bohrung versehener Chamotteblock aufgestellt, welcher den auf der Kohlenplatte leitend aufruhenden Graphittiegel

Fig. 171.



Lichtbogen für Laboratorien der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt in Frankfurt a. M.

aufnimmt. Der Ofen ist für Stromstärken bis zu 250 Ampere bei 50 bis 70 Volt gebaut, und faßt der Tiegel von 170 mm Höhe und 130 mm Durchmesser rund 1 Liter Material.

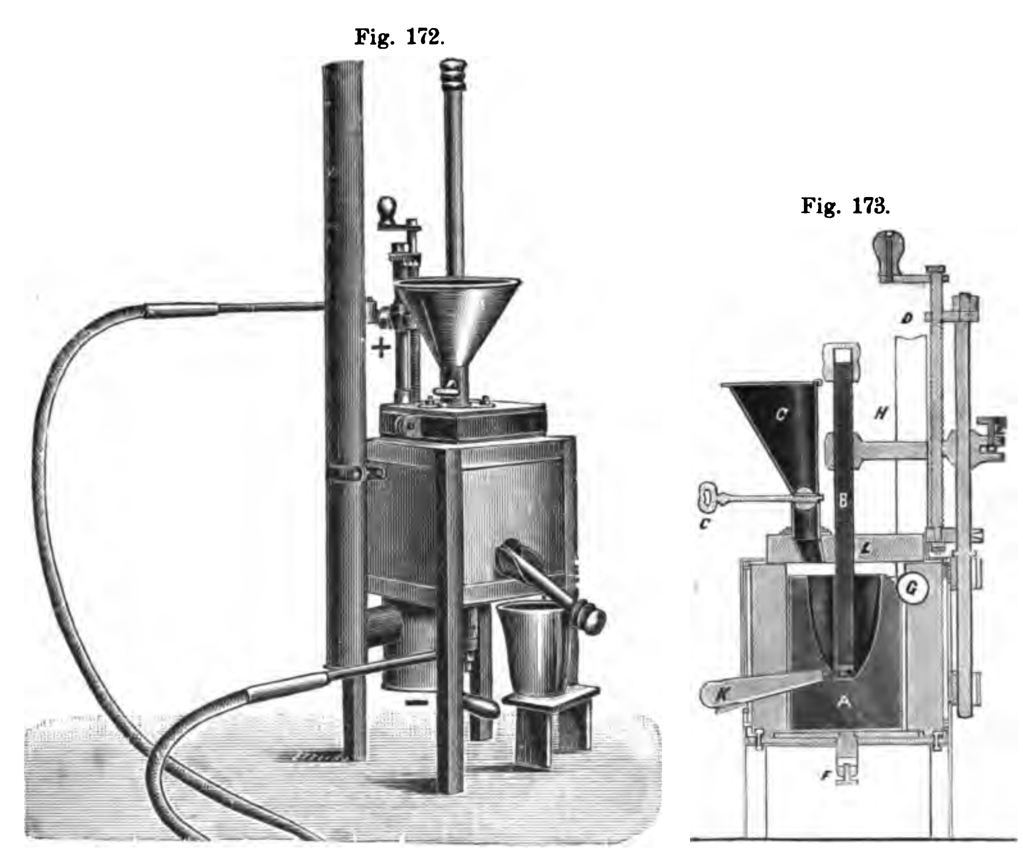
Für kontinuierlichen Versuchsbetrieb, zum Schmelzen strengflüssiger Metalle, für die Reduktion schwer schmelzbarer Oxyde baut die Deutsche Gold- und Silberscheideanstalt den in Fig. 172 in Ansicht und in Fig. 173 im Schnitt dargestellten Ofen.

Der Tiegel *A* besteht je nach dem beabsichtigten Zweck entweder aus Sintermagnesit oder aus Kohle. Der Ofen kann also sowohl nach dem SIEMENS- als nach dem HÉROULT-Typus zugestellt werden. Im ersteren Falle, wo also der Tiegel aus nichtleitendem Material besteht, enthält er eine Öffnung im Boden, durch welche ein Kohlenstab als Stromzuleitung eingeführt wird. Die positive Kohle *B* ist verstellbar und wird je nach Bedarf und der verfügbaren Stromquelle durch die Stellschraube *D* gehoben und

gesenkt. Bei *E* wird das positive Kabel befestigt. Das Rohmaterial wird im gepulverten Zustand durch den Fülltrichter *c* eingesetzt und im geschmolzenen Zustand durch die Öffnung am Boden des Tiegels abgestochen. Die Abzugsrohre *G* und *H* dienen zum Entweichen der während des Schmelzens entstehenden Gase und des Flugstaubs. Der Ofen wird für Stromstärken bis zu 200 Ampere bei 50 bis 70 Volt gebaut.

Eine ebenfalls sowohl nach dem SIEMENS- als nach dem HÉROULT-Prinzip anwendbare Konstruktion der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt für Stromstärken bis zu 1000 Ampere ist in Fig. 174 dargestellt.

Fig. 172. Fig. 173.



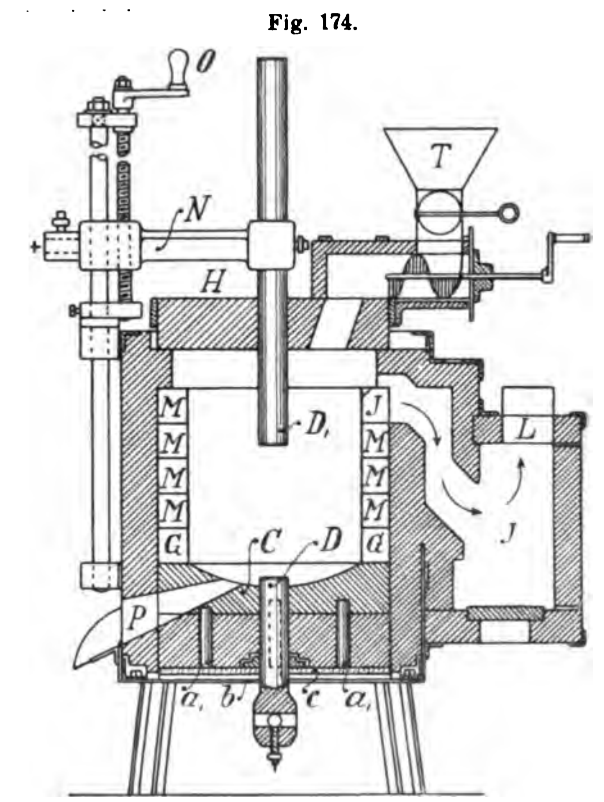
Lichtbogenofen für Laboratorien der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt in Frankfurt a. M.

Das Futter besteht aus dem Magnesitmauerwerk *M*, welches auch an dem unteren Teil und dem Boden des Schmelzraums bei *G* und *C* durch Graphit ersetzt werden kann. *D D'* sind die Kohlenelektroden, von denen die untere, positive durch den Boden des Schmelzraums geführt wird. Die obere, negative Elektrode wird durch die Anschlußvorrichtung *N* und die Kurbel *O* auf- und abbewegt. Bei Einleiten des Schmelzens empfiehlt es sich, zunächst die beiden Kohlenelektroden durch einen dünnen Kohlenstift kurzzuschließen, um nicht zu rasch auf hohe Temperaturen zu kommen. *T* ist ein Fülltrichter für das Einführen der Beschickung. Die sich entwickelnden Gase und der Flugstaub streichen zunächst durch die Kammer *J*, worin letzterer sich absetzt und durch das Bodenloch entfernt wird, während die Gase durch *L*

abgeführt werden. Die Öffnung P dient zum Abstich der Schmelze. Während des Schmelzens verschließt ein eingepreßter Kohlestöpsel das Abstichloch. Der Ofen ruht auf vier Füßen, die zweckmäßig durch gemauerte Sockel erhöht werden, um die negativen Elektroden leichter auswechseln zu können. Die Eisenplatte b trägt den Boden des ganzen Ofens, ihr folgt eine etwa 9 mm starke Asbestplatte c und dann eine starke Eisenplatte a. Diese trägt die vier Eisenbolzen a_1, welche einerseits dem Graphitboden größere Festigkeit verleihen und andererseits zur besseren Stromverteilung dienen.

Für größere Versuche, bei welchem das Schmelzgut direkt abgegossen werden soll, baut die Deutsche Gold- und Silberscheideanstalt kippbare Öfen für Stromstärken von 200 bis 500 Ampere. Im übrigen entsprechen diese Öfen in ihrer Ausführung den im Vorstehenden beschriebenen Typen der gleichen Firma.

Fig. 174.



Größerer Lichtbogenofen für Laboratoriumszwecke der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt in Frankfurt a. M.

Bei Versuchsöfen größten Maßstabes, bis zu 1000 Ampere bei 60 bis 65 Volt, wie sie z. B. für die versuchsweise Darstellung von Karbiden und schwer schmelzbaren Materialien geeignet sind, ordnet die Deutsche Gold- und Silberscheideanstalt die als viereckigen Tiegel ausgebildete, untere Elektrode derart an, daß sie mittels vier Tragstangen und über Rollen geleiteter Ketten gehoben und gesenkt werden kann.

Als Beispiel eines Laboratoriumsofens, in welchem gasförmige Körper durch Destillation fester Rohmaterialien erhalten werden, ist in Fig. 175 ein bezüglicher Ofen der gleichen Firma dargestellt. Das Destillat entweicht durch das Rohr D; G und F sind die Leitungen für die Kühlung des oberen Elektrodenanschlusses, H und E Gaszuführungsrohre. Soll in einem solchen Ofen eine Destillation durchgeführt werden, so wird in den bei früheren Konstruktionen schon angeführten Kohlentiegel die zu behandelnde Substanz entweder direkt oder in einem zweiten kleineren Kohlentiegel eingesetzt und der Zwischenraum in diesem Falle durch eingestampftes Graphitpulver gut leitend gemacht. Der in Eisen gefaßte Deckel wird unter Vermittelung eines Rahmens aus Asbestpappe, der als Führung dient, fest mit dem Ofen verschraubt. Die obere Elektrodenkohle ist in dem zylindrischen Wasserverschluß luftdicht befestigt.

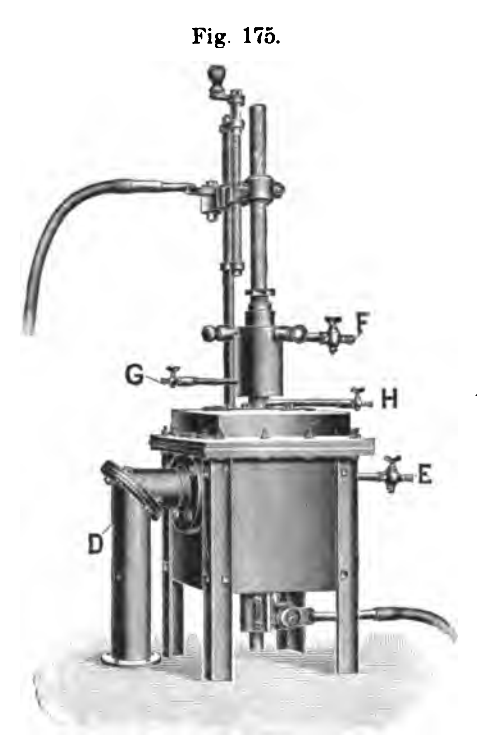
Vor der Inbetriebsetzung des Ofens wird das Zuführungsrohr *G* mit einem höher stehenden Wasserbehälter durch einen Schlauch verbunden. Die drei Stellschrauben dienen zum Festhalten des Wasserver chlusses, in welchem die obere Elektrode eingesetzt ist. Durch das Rohr *D* wird das Destillat in Wasser geleitet.

Derartige Öfen baut die erwähnte Firma für 150—400 Ampere bei 50—60 Volt.

ββ) Ausführungen für industriellen Betrieb.

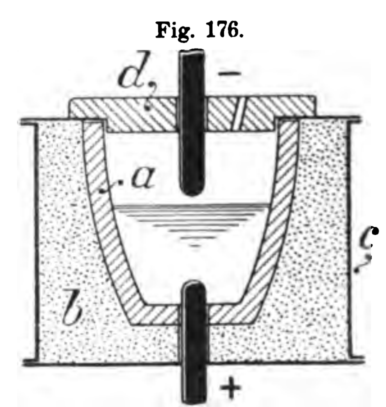
Den ersten Typus industrieller Lichtbogenöfen hat CH. W. SIEMENS geschaffen, der 1878 seine Versuche über elektrisches Schmelzen von Stahl in größerem Umfange begann.[1]) Dieser Typus war ziemlich gleich angeordnet dem in Fig. 165 schematisch dargestellten Tiegelofen, nur war, wie aus Fig. 176 ersichtlich ist, der Tiegel *a* aus feuerfestem Material in einen mit einem schlechten Wärmeleiter *b* ausgefüllten Metallbehälter *c* eingesetzt und mit einem mit einer Chargieröffnung versehenen feuerfesten Deckel *d* ausgestattet. Die in den Tiegel hereinragende obere Elektrode war in ähnlicher Weise wie eine Bogenlampe durch ein Solenoid mit einziehbarem Eisenkern einreguliert. Die obere Elektrode einerseits und der in das Solenoid hineinragende Eisenkern andererseits waren an den Enden einer Art Wagebalken aufgehängt. Der Arm mit dem Eisenkern trug noch ein verschiebbares Gewicht, um die Länge des Lichtbogens festzustellen. Eine derartige automatische Regulierung des Lichtbogens wurde auch bei größeren Öfen für

Fig. 175.



Elektrischer Destillierofen der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt in Frankfurt a. M.

Fig. 176.



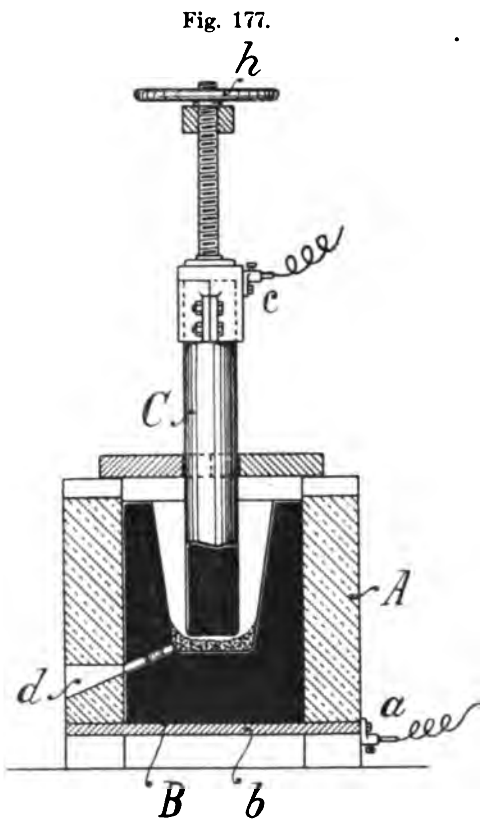
Elektrischer Stahlofen nach SIEMENS.

1) C. WILLIAM SIEMENS, Über die Anwendung des dynamoelektrischen Stromes zur Schmelzung schwerflüssiger Stoffe in beträchtlichen Mengen. Vortrag in der Society of Telegraph Engineers. 3. Juni 1880.

verschiedene Zwecke in der Folge mehrfach wieder versucht, doch ist man in der Regel von derartigen, der Hitze und Staubentwicklung ausgesetzten, verhältnismäßig feinen Mechanismen wieder abgekommen.

Nach den Versuchen von SIEMENS dauerte es über zehn Jahre, bis die Lichtbogenöfen industrielle Bedeutung erlangten. Den Anstoß gaben die Versuche WILLSON's über die Reduktion von Oxyden der Alkalien und alkalischen Erden im Lichtbogen, welche Versuche bekanntlich zur Darstellung der Karbide führten. Der von WILLSON benutzte Probeofen ist in Fig. 177 dargestellt [1]) und ist im Prinzip nichts anderes als der in Fig. 166 schematisch dargestellte Ofen von HÉROULT.

Fig. 177.



Karbidofen von WILLSON.

A ist das Mauerwerk, *B* der darin eingesetzte Kohlentiegel, welcher auf einer Metallplatte *b* aufruht und durch diese bei *a* an die Stromleitung angeschlossen ist. *C* ist die zweite Elektrode, *c* der Kontakt, *h* ein Handrad zum Heben und Senken der oberen Elektrode. Bei *d* sollte abgestochen werden.

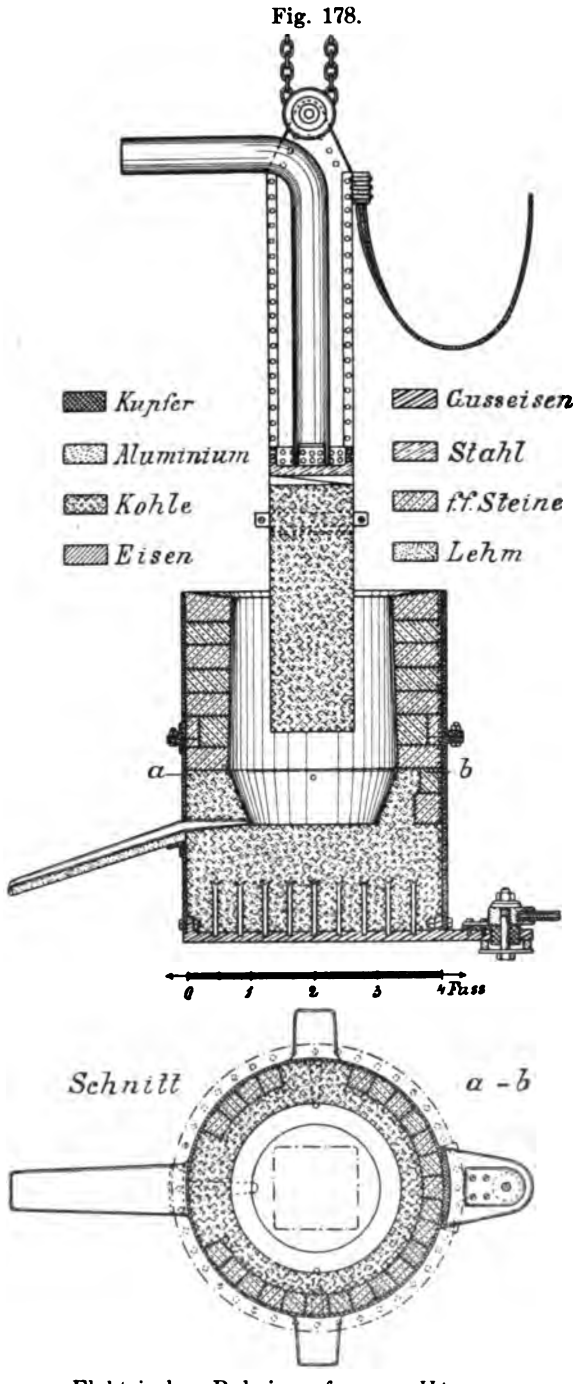
Ähnliche Lichtbogenöfen mit feststehender unterer Tiegelelektrode hat HÉROULT in jüngster Zeit bei seinen eingehenden Versuchen über die elektrische Erschmelzung von Roheisen aus kanadischen Erzen benutzt. Dieser HÉROULTsche elektrische Roheisenofen (Fig. 178) besteht [2]) aus einem zweiteiligen, zylindrischen Eisenmantel, der mittels Bolzen an einer gußeisernen Platte von ca. 125 cm Durchmesser befestigt ist. Ein Kupferstreifen von 26 cm Breite ist in senkrechter Richtung zwecks Verminderung der Induktion in den Mantel eingesetzt. Der Boden ist mit Kohlenmasse ausgestampft. Das eigentliche Ofenfutter besteht aus feuerfesten Steinen, welche bis über die Schlackendecke hinaus mit einer Schicht Kohlenmasse bedeckt sind. Der innere Hohlraum des Ofens hat die Form zweier mit den Grundflächen aneinanderstoßender, abgestumpfter Kegel und hat die nachstehenden Hauptabmessungen.

Durchmesser des Tiegelbodens	63 cm
Höhe des unteren Kegels	29 „
Höhe des oberen Kegels	87 „
Durchmesser der gemeinsamen Kegelgrundfläche	84 „
Durchmesser am oberen Ofenrand	79 „

1) BORCHERS, Die elektrischen Öfen. 1907, p. 80. Verlag W. Knapp.

2) MÜNKER, Zur Frage der Darstellung von Roheisen auf elektrischem Wege. Berg- und hüttenmännische Rundschau III, (1906), p. 302.

Fig. 178.



Elektrischer Roheisenofen von Héroult.

Die aus einer besonderen Kohlenmasse bestehenden oberen Elektroden sind von prismatischer Form von 42 × 42 cm Querschnitt und 190 cm Länge. Der Kontakt für die obere Elektrode bestand aus einem mit vier Kupferplatten vernieteten, eisernen Schuh. Die Elektrode wurde mittels Kette und Rad von Hand aus betätigt. Die Stromzuführung bestand aus 30 Aluminiumleitungen von ca. 17 mm Stärke. Der Ofen hatte im Mittel eine Energieaufnahme von ca. 5000 Ampere bei nicht ganz 40 Volt.

Über den Kraftverbrauch. Chargendauer usw. sind in nachstehender Tabelle S. 163 einige Angaben gemacht.

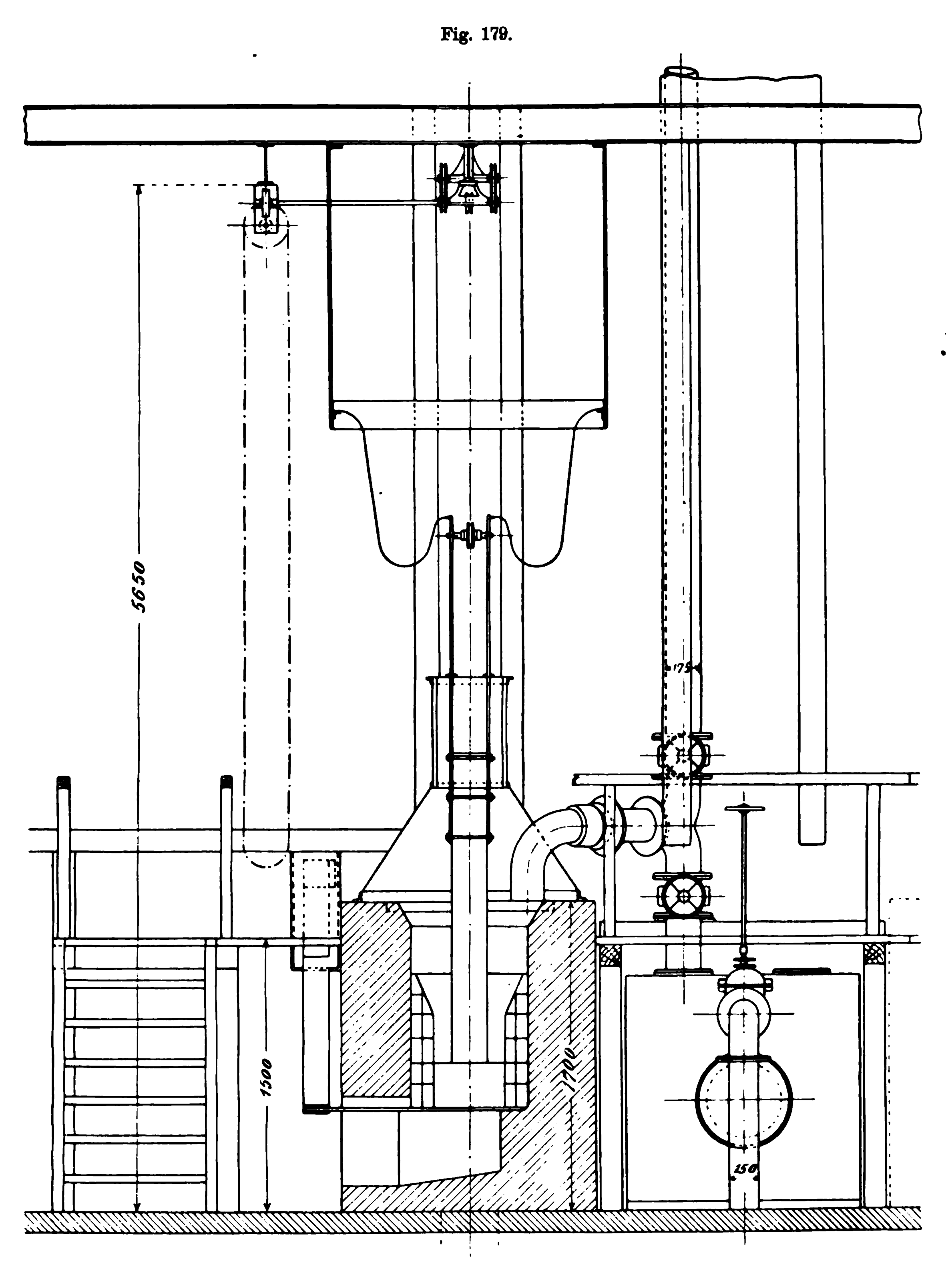
Bezüglich Details sei auf den ausführlichen Bericht von Haanel verwiesen. [1])

Die Figuren 179 und 180 der Tafel X a zeigen in maßstäblicher Wiedergabe einen Lichtbogenofen mit feststehender unterer Tiegelelektrode, wie er für Herstellung von Siliziden, z. B. Siliziumkupfer, geeignet ist.

Die Bedürfnisse der Karbidindustrie führten, besonders solange man hauptsächlich den sogen. „Blockbetrieb“ durchführte, bei welchem im Gegensatz zum „Abstichbetrieb“ stets eine bestimmte Menge Karbid im Ofen fertig geschmolzen und dann als Block entnommen wurde, zu Ofenkonstruktionen mit be-

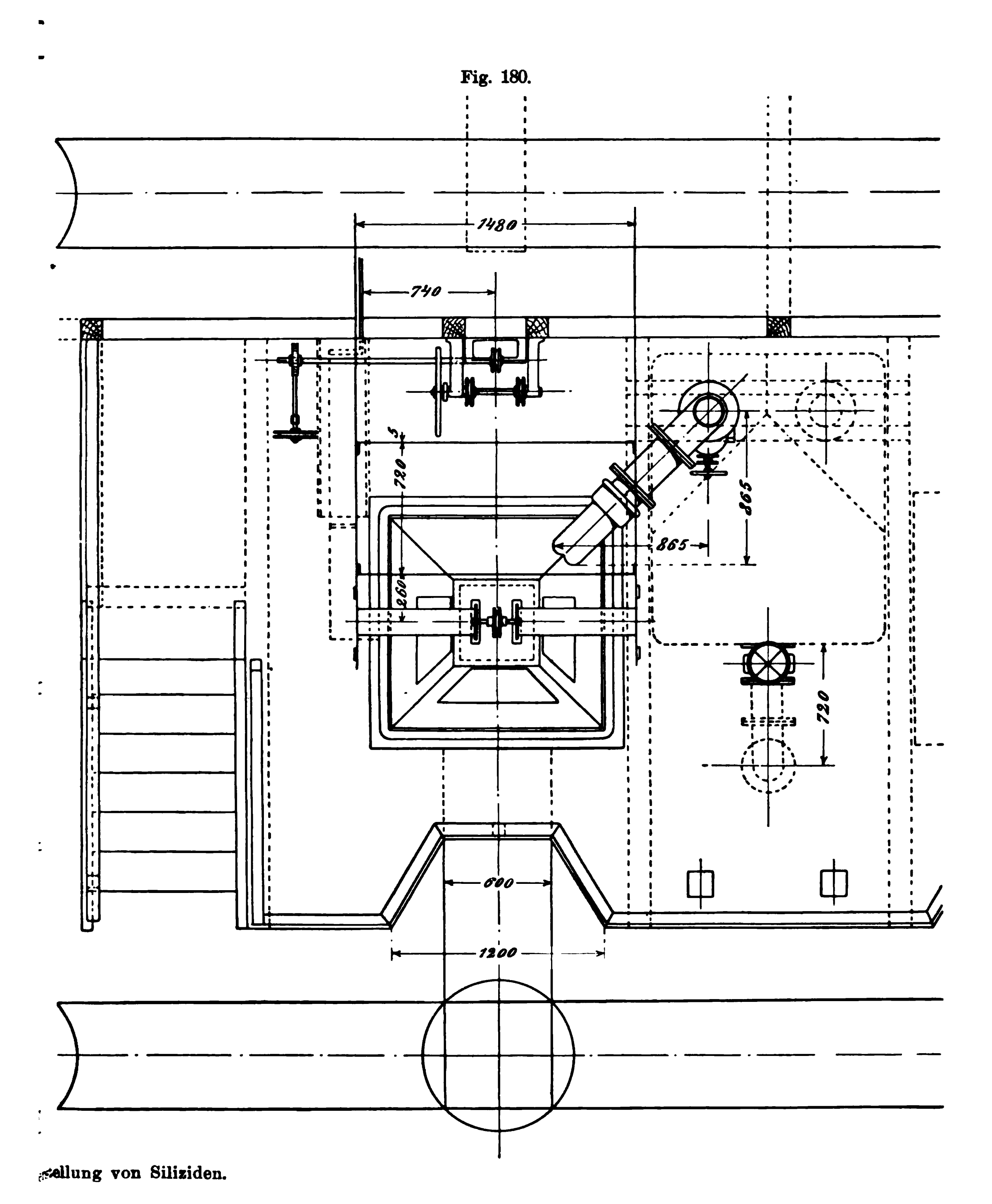
1) Haanel, Preliminary report on the experiments made at Sault Ste. Marie under Government auspices in the smelting of canadian iron ores by the Electrothermic process. Transactions of the Faraday-Society. II, 1906, p. 120.

Fig. 179.



Lichtbogenofen für Herst

Fig. 180.



…ellung von Siliziden.

Verlag von S. Hirzel-Leipzig.

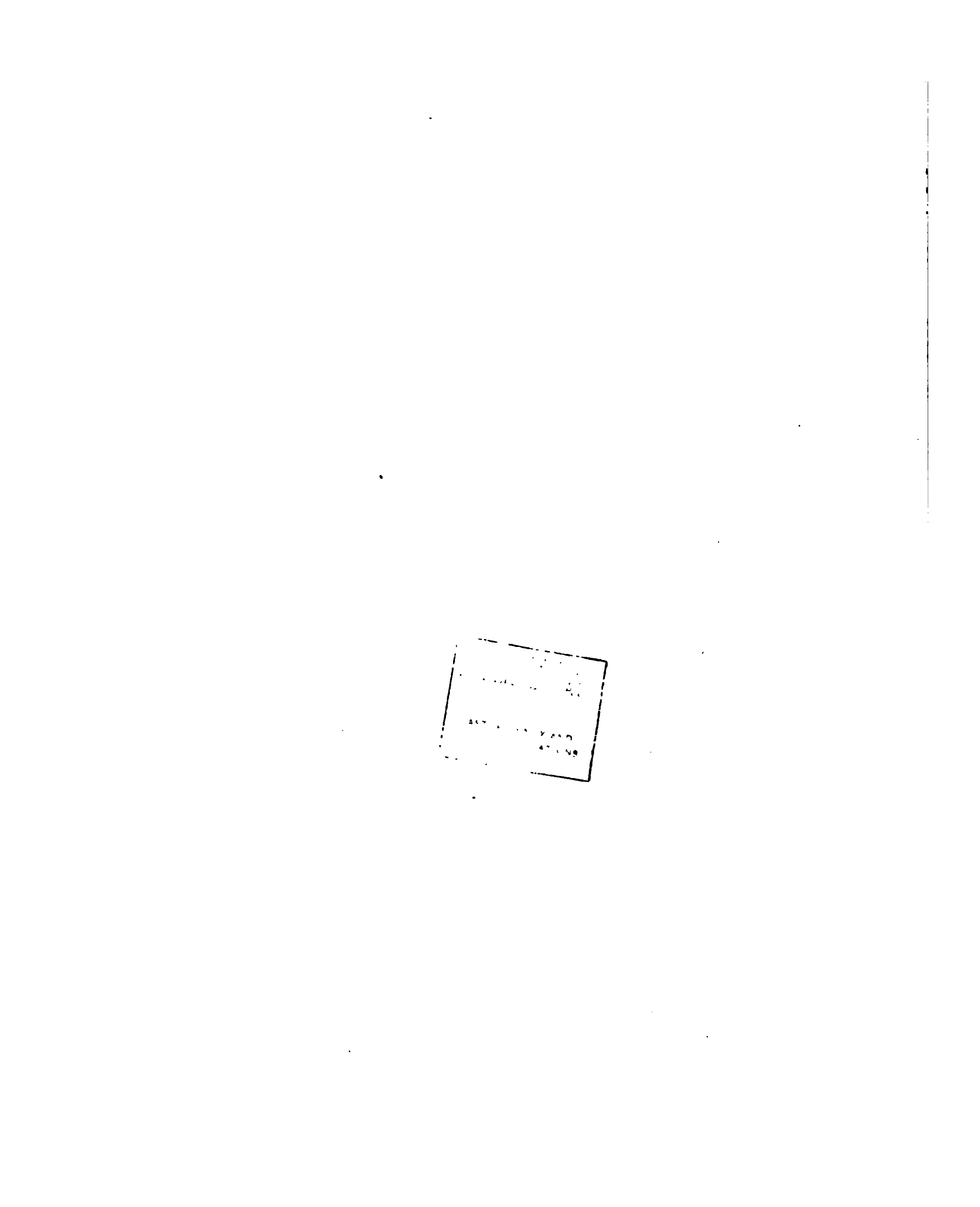
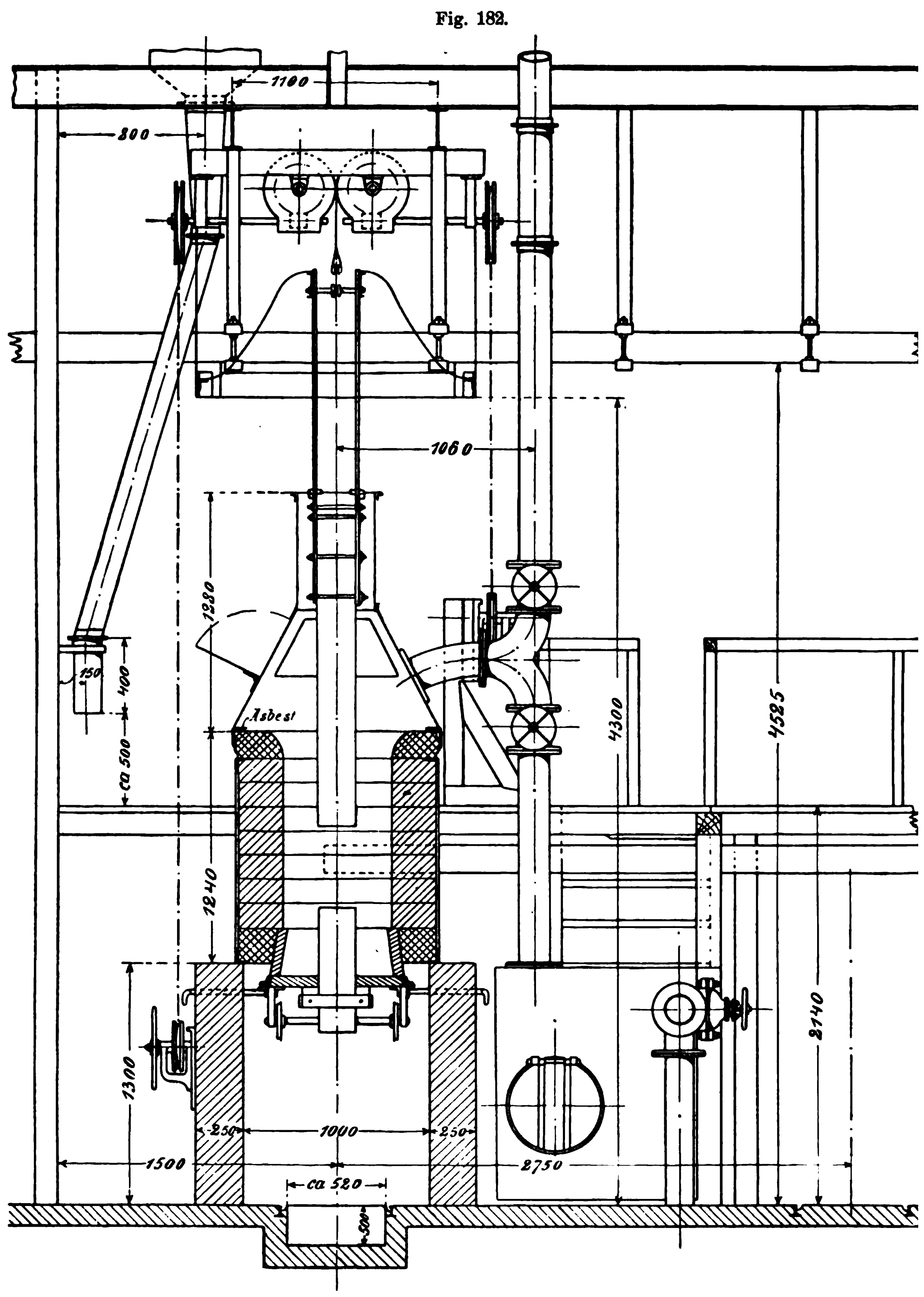
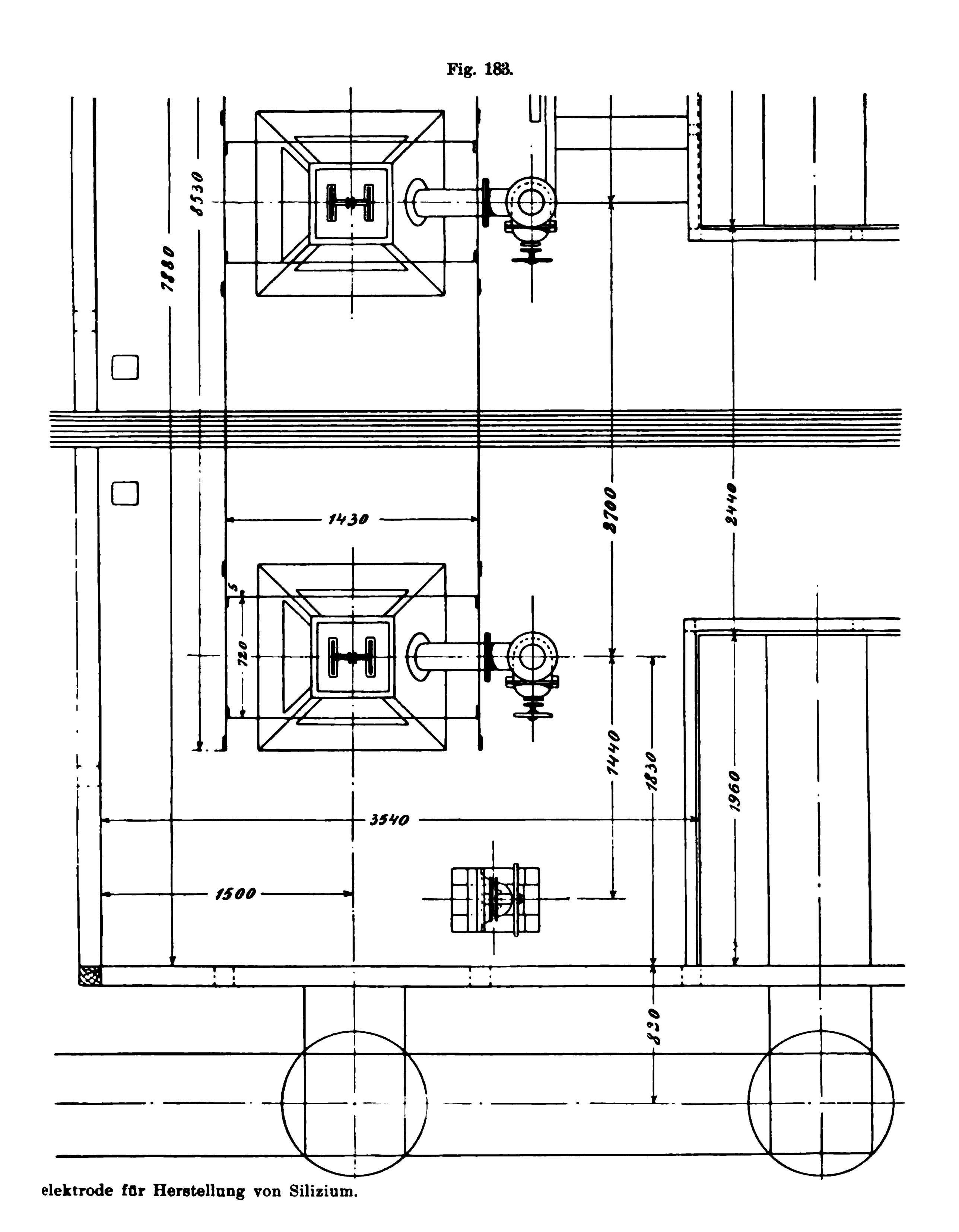


Fig. 182.



Lichtbogenofen mit senkbarer Tieg

Fig. 183.



elektrode für Herstellung von Silizium.

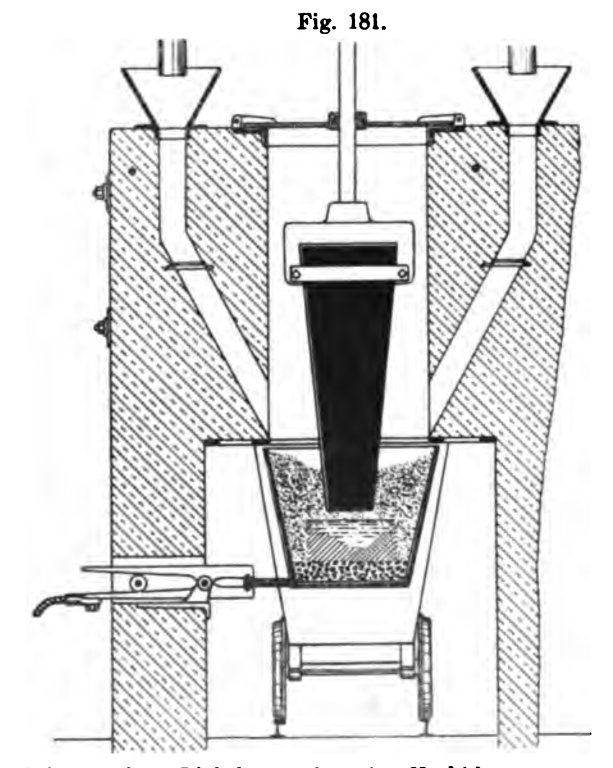
Verlag von S. Hirzel-Leipzig.

Tabelle LXXI.

Chargendauer h	Mittlere Ampere	Mittlere Volt	Leistungsfaktor	Kilowatt	Kilowatt h	Erzeugt kg Roheisen	KWh pro Tonne
12	4856	38·5	0·919	171·812	2062	1208	1700
16·41	5000	35·75	0·919	164.271	10088	5832	1730
65·5	4987	36·03	0·919	165·125	8816	5438	1620
23·8	5000	36·16	0·919	166·155	3954	2050	1930
16·25	5000	35·85	0·919	164·73	2677	1235	2168
38·33	4993	36·5	0·919	167·483	6420	3243	1980
43·08	5000	36·79	0·919	169·05	7283	3766	1934

weglicher unterer Tiegelelektrode, wie wir ähnliche auch schon bei den Widerstandsöfen vorgefunden haben. Die untere Elektrode war entweder als fahrbarer Wagen oder als einfacher, senkbarer Tiegel ausgebildet. In diesen Tiegeln ließ man das Karbid erstarren und kippte es dann aus. Eine schematische Zeichnung eines solchen Karbidofens zeigt Fig. 181.[1]) Solche fahrbare Tiegelelektroden wurden speziell von den amerikanischen Karbidfabriken vielfach angewendet. An deren Stelle führten französische Karbidfabriken eine im Scharnier bewegliche Ofensohle ein, welche, aus Kohle bestehend, zum Beginn der Schmelzperiode zur Bildung des Lichtbogens diente, und auf welcher dann mit fortschreitender Entfernung der oberen Elektrode der Karbidblock sich bildete. War die Schmelze fertig, so wurde die Ofensohle im Scharnier gedreht, und der Block samt unverarbeitetem, in den Betrieb zurückkehrendem Material fielen heraus.

Fig. 181.



Schema eines Lichtbogenofens für Karbiderzeugung.

In den Figuren 182 und 183 der Tafel XI ist eine maßstäblich gezeichnete Disposition einer ähnlichen Ofenanlage mit senkbarer Tiegelelektrode

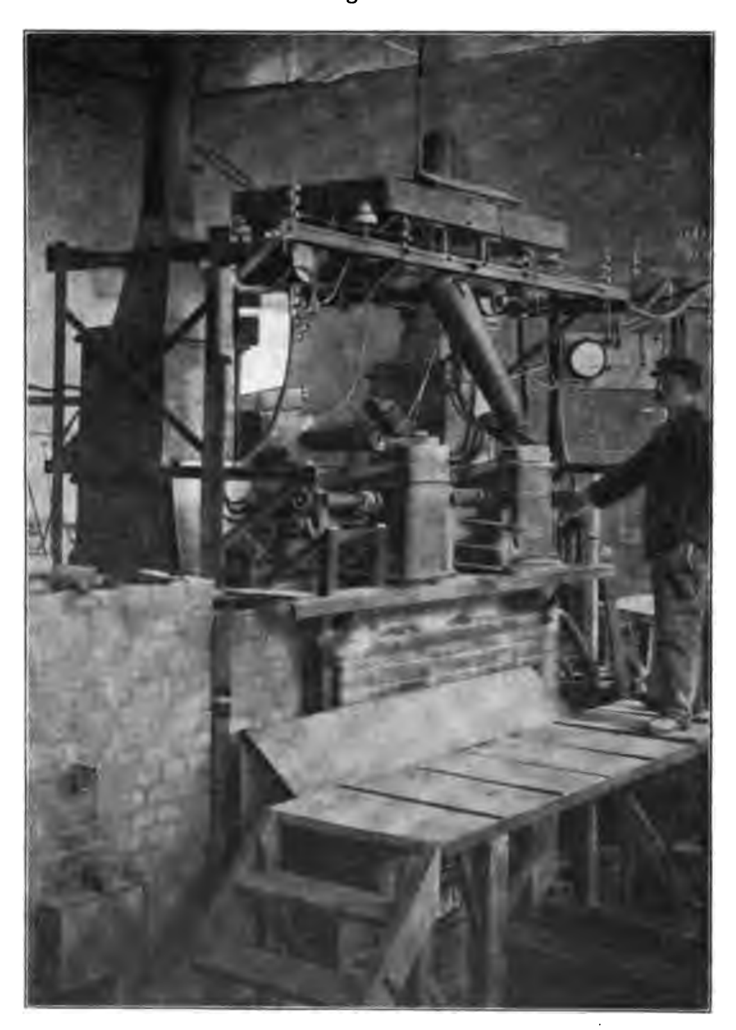
1) Borchers, Die elektrischen Öfen 1907. Verlag W. Knapp, Halle a. S.

dargestellt, wie sie zur Herstellung von metallischem Silizium betriebsmäßig verwendet wurde.

In der Form der Ofensohle, bzw. des diese bildenden Tiegels erdachte man die verschiedenartigsten Anordnungen. Einzelne schlugen sogar, wie z. B. Bradley, radförmige Herde vor, welche gewissermaßen aus einer großen Anzahl im Kreisumfang angeordneter Tiegel bestehen und dadurch einen



Fig. 184.



Elektrischer Lichtbogenofen für Schmelzen von Glas.

ununterbrochenen Betrieb ermöglichen sollten. Derartige, für eine Großindustrie doch zu kompliziert gebaute Öfen haben auch keine weitere Verbreitung gefunden.

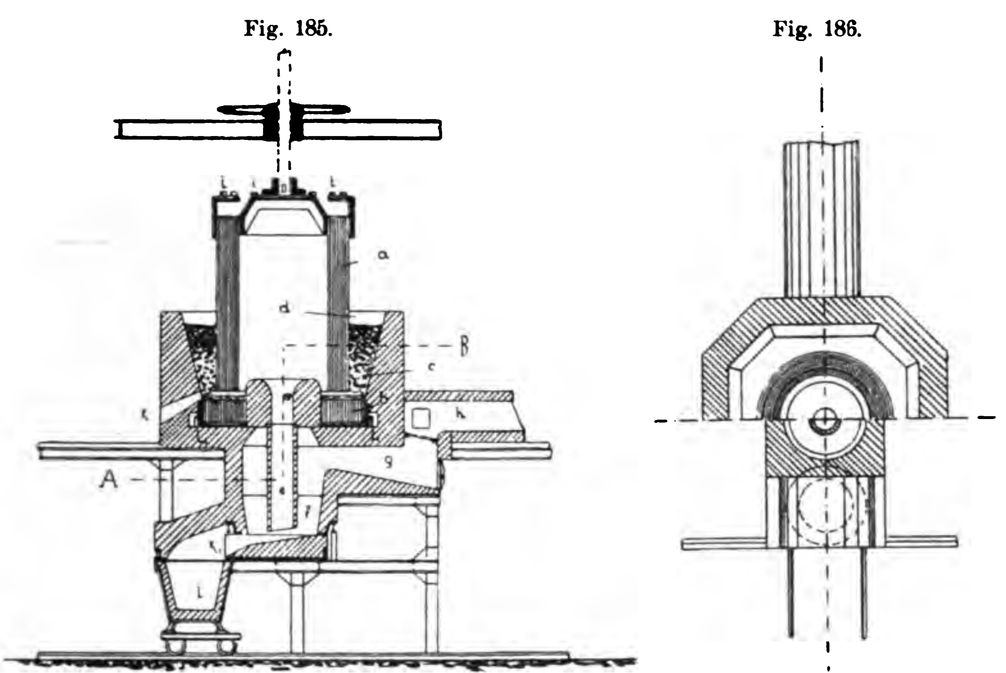
Eine Anwendung des Lichtbogenofens sei hier noch kurz erwähnt, welche zwar noch nicht in größerem Umfange eingeführt wurde, aber doch ein sehr wichtiges Gebiet betrifft. Es ist dies das elektrische Schmelzen von Glas im Lichtbogen. Nach dieser Richtung wurden größere Versuche auf dem

Elektrizitätswerk in Deutsch-Matrei von BRONN durchgeführt. Der rohe Glassatz wurde beim Durchfallen durch drei in Serie geschaltete Gleichstromlichtbogen geschmolzen und die Schmelze in darunter stehenden Glashäfen, die durch gewöhnliche Heizung erwärmt werden, flüssig gehalten und geläutert. Fig. 184 zeigt die Ansicht eines solchen Ofens. Bisher ist es noch nicht gelungen, vollständig weiße Gläser zu erzielen, weshalb dieses Verfahren als noch im Versuchsstadium stehend zu bezeichnen ist.

Als Beispiel eines Ofens mit Lichtbogenerhitzung, bei welchem aus festen Rohmaterialien gasförmige Produkte gewonnen werden sollten, sei der von EDELMANN und WALLIN konstruierte elektrische Zinkdestillationsofen (D. R. P. 158545) angeführt.

Dieser in Fig. 185 und 186 dargestellte Ofen besteht in der Hauptsache aus einer geschlossenen Elektrodenglocke *a*, die von dem Beschickungs-

Fig. 185. Fig. 186.



Elektrischer Zinkofen nach EDELMANN & WALLIN.

schacht *d* umgeben wird, und einer ringförmigen unteren Elektrode *b*, in deren Mitte sich das Ableitungs- und Verdichtungsrohr *e* befindet, welches einerseits in die Elektrodenglocke *a* hineinragt, andererseits in den Verdichtungsraum *f* mündet. An diesen schloß sich die Vorlage *g*, welche mittels des Kanales *h* mit der Flugstaubkammer in Verbindung steht.

Die Stromzuführung zu den Elektroden erfolgte durch die Kontakte *i* und *i'*, die Abstichlöcher *k* und *k'* dienten ersteres für den Abstich von Blei und Schlacke, letzteres für das Zink. Der Wagen *l* sollte zum Ansammeln des Zinkes und zur Abdichtung des Kanales k_1 dienen.

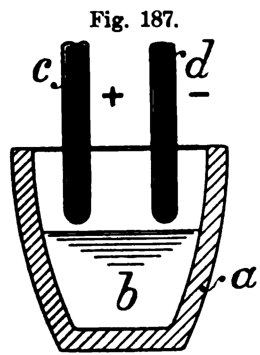
Dieser Ofen ist hier als Beispiel für einen industriellen elektrischen Lichtbogen-Destillationsofen angeführt, da er tatsächlich einige Zeit für Zwecke der Zinkgewinnung im Betrieb gestanden ist, und wenn er sich dafür trotz mehrfacher Abänderungen nicht bewährte, so lag dies weniger an prinzipiellen

Mängeln der Konstruktion, als an der zu hohen Temperatur des direkten Lichtbogens für Zwecke der Zinkdestillation. Es werden dadurch auch andere Bestandteile der Beschickung zum Verdampfen gebracht, wodurch eine Kondensation der Zinkdämpfe zu flüssigem Metall verhindert und nur pulveriges Kondensat, sog. Poussière, erhalten wird.

β) Direkte Lichtbogenerhitzung mit Widerstandserhitzung kombiniert.

Wenn die eine Elektrode im Lichtbogenofen von dem zu behandelnden Material selbst gebildet wird, so ändert sich natürlich der Widerstand im Ofen mit dem fortschreitenden Schmelzprozeß, der Zunahme der erschmolzenen Materialschicht, den verschiedenen Temperaturen in der letzteren usw. ganz wesentlich. Dazu kommt noch, daß bei besonderen Schmelzprozessen über dem eigentlichen Schmelzgut noch Schichten von schlechterer Leitfähigkeit (z. B. Schlackenschichten bei einzelnen Stahlschmelzverfahren) erforderlich sein können. Diesem Einfluß des Widerstandes in den im Ofen erschmolzenen Haupt- und Nebenprodukten kann man dadurch entgegenarbeiten, daß man das Schmelzgut gewissermaßen als bipolare Zwischenelektrode zwischen zwei unabhängige, nicht von dem zu erschmelzenden Material selbst gebildete Elektroden schaltet. Wenn wir wieder für ein schematisches Beispiel die Tiegelform wählen, so würden wir in Fig. 187 ganz allgemein in *a* einen Tiegel aus feuerfestem Material haben, auf dessen Inhalt *b* die beiden Elektroden *c d* einwirken. Bei solchen Öfen ist natürlich der Übergang zum reinen Widerstandsofen sofort gegeben, wenn beide Elektroden in das flüssige Schmelzgut eintauchen.

Fig. 187.



Tiegelofen mit kombinierter Lichtbogen- und Widerstandserhitzung.

αα) Ausführungen für Laboratoriumsbetrieb.

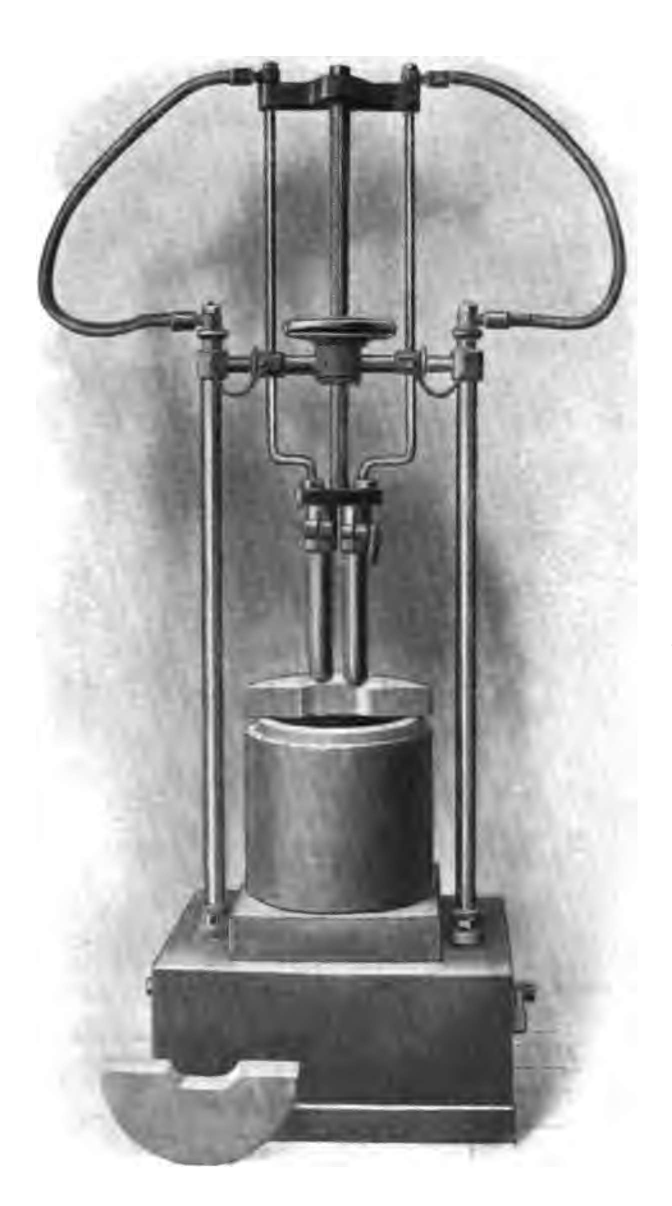
Es ist selbstverständlich, daß man die an früherer Stelle beschriebenen Ausführungsformen für Laboratoriumsöfen mit direkter Lichtbogenerhitzung ohne besondere Abänderungen zu solchen für kombinierte Lichtbogen- und Widerstandserhitzung einrichten kann. Solche Öfen wird man im Laboratoriumsbetrieb besonders dann anwenden, wenn es sich um das Schmelzen von nicht- oder sehr schlechtleitenden Körpern handelt, oder wenn man die Verwendung von Tiegeln aus leitendem Material z. B. mit Rücksicht auf die chemische Einwirkung des Tiegelmaterials auf das angestrebte Endprodukt vermeiden will. In Fig. 188 ist ein solcher Laboratoriumsofen von Marryat & Place dargestellt, der keiner weiteren Erläuterung bedarf.

ββ) Ausführungen für industriellen Betrieb.

Lichtbogenöfen mit zwei oberen Elektroden, bei welchen das Schmelzgut als Mittelleiter geschaltet war, wurden in industriellem Umfange zuerst in der Karbidfabrikation angewendet, und war wohl die Société des Carbures Métalliques die erste, welche derartige Öfen einführte. Eine schematische

Zeichnung eines solchen Ofens der genannten Gesellschaft finden wir in Fig. 189. Man ersieht aus dieser Skizze, daß der Widerstand zwischen den beiden Elektroden im Großen und Ganzen unabhängig von der Menge des erschmolzenen Materiales ist. Ein Vorteil dieser Anordnung liegt auch darin,

Fig. 188.

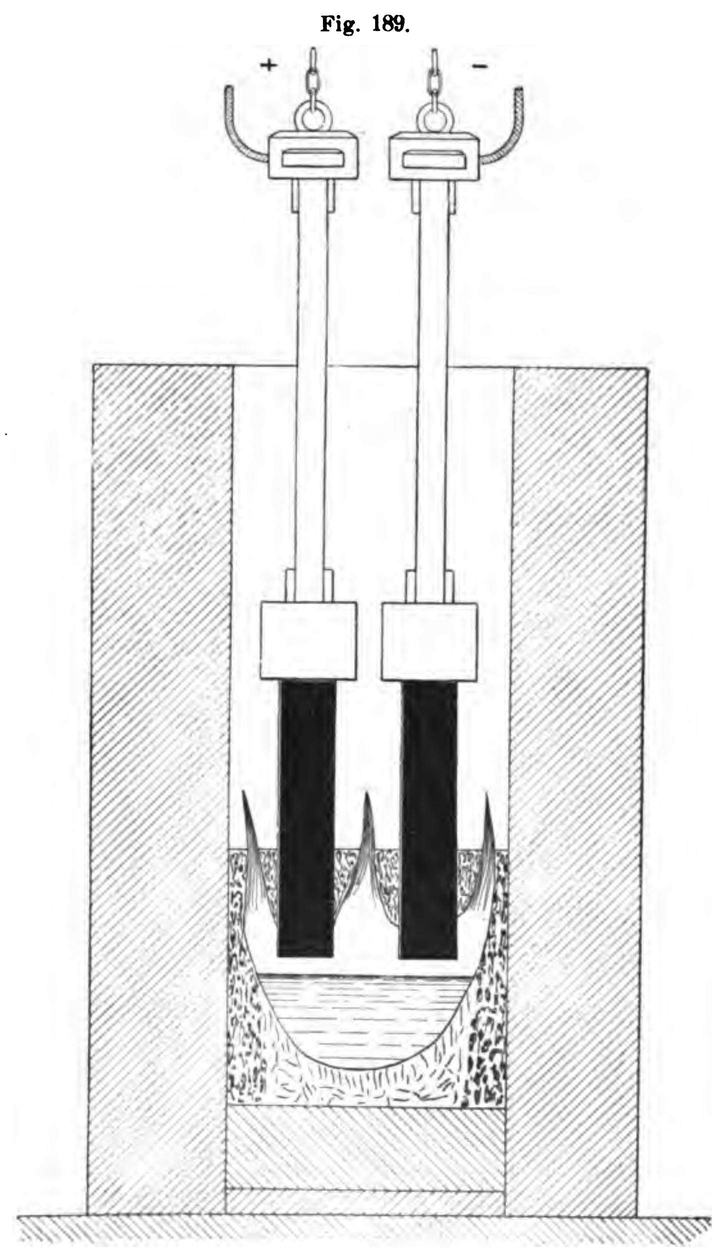


Lichtbogenofen für Laboratorien von MARRYAT & PLACE, London.

daß der Stromweg nicht wie bei den Öfen der früher besprochenen Gruppe, bei welcher das Schmelzgut den einen Pol bildete, quer durch die ganze Beschickung verlief und daher unzugänglich blieb, sondern an der Oberfläche der Beschickung gehalten wurde und dadurch zu übersehen war.

Charakteristisch an dieser Ofentype war die stets gleichbleibende Lage der beiden Elektroden zueinander. Solche Öfen hatten aber in jenen Fällen, wo es auf den Abstich gut geschmolzenen und flüssigen Materials ankam, den Nachteil, daß gegen den Abstich zu das Material kälter wurde.

Fig. 189.



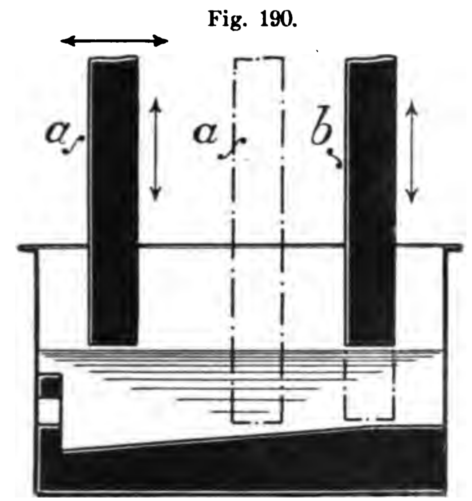
Karbidofen der Société der Carbures Métalliques.

Es wurde daher von KELLER zuerst auch für Zwecke der Karbidgewinnung und später für die Erzeugung von Elektrostahl eine Anordnung getroffen, bei welcher diesem Übelstande abgeholfen werden sollte. KELLER ordnete, wie aus Fig. 190 ersichtlich ist, die Elektroden derart an, daß

beide, *a* und *b*, zu heben und zu senken waren und außerdem die gegen den Abstich gelegene Elektrode eine Verschiebung nach der Seite erlaubte. Wenn also z. B. beim Karbidschmelzen zunächst zwischen den beiden Elektroden die geneigte, mit Kohle ausgekleidete Ofensohle als Heizwiderstand eingeschaltet wurde, so konnte bei fortschreitender Karbidbildung ein Heben der Elektroden und gegen Ende der Schmelzperiode ein Verschieben der einen Elektrode gegen den Abstich zu erfolgen, so daß der zwischen der geschmolzenen Beschickung und dieser Elektrode gezogene Lichtbogen das Material beim Abstich gut dünnflüssig erhielt.

Das KELLERsche Ofenprinzip mußte für gewisse industrielle Anwendungen und insbesondere für Zwecke der Elektrometallurgie des Eisens noch eine Reihe von Abänderungen erfahren, die sich einerseits auf Vermeidung eines direkten Kontaktes zwischen dem geschmolzenen Metall und den Kohlenelektroden, andererseits bei Verwendung unreiner Rohmaterialien bei der Herstellung hochwertiger Produkte auf die Benutzung in der Wärme

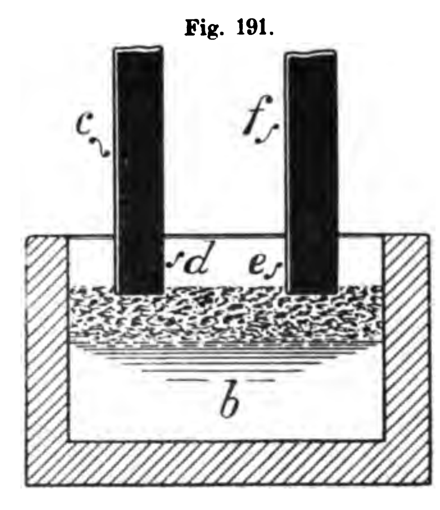
Fig. 190.





Ofen von KELLER, schematisch.

Fig. 191.



Ofen von HÉROULT, schematisch.

leitender Schlackenschichten über dem Metallbad bezogen. Diesen weiteren Schritt haben sowohl KELLER als HÉROULT bei ihren neueren Stahlanlagen unabhängig voneinander gemacht.

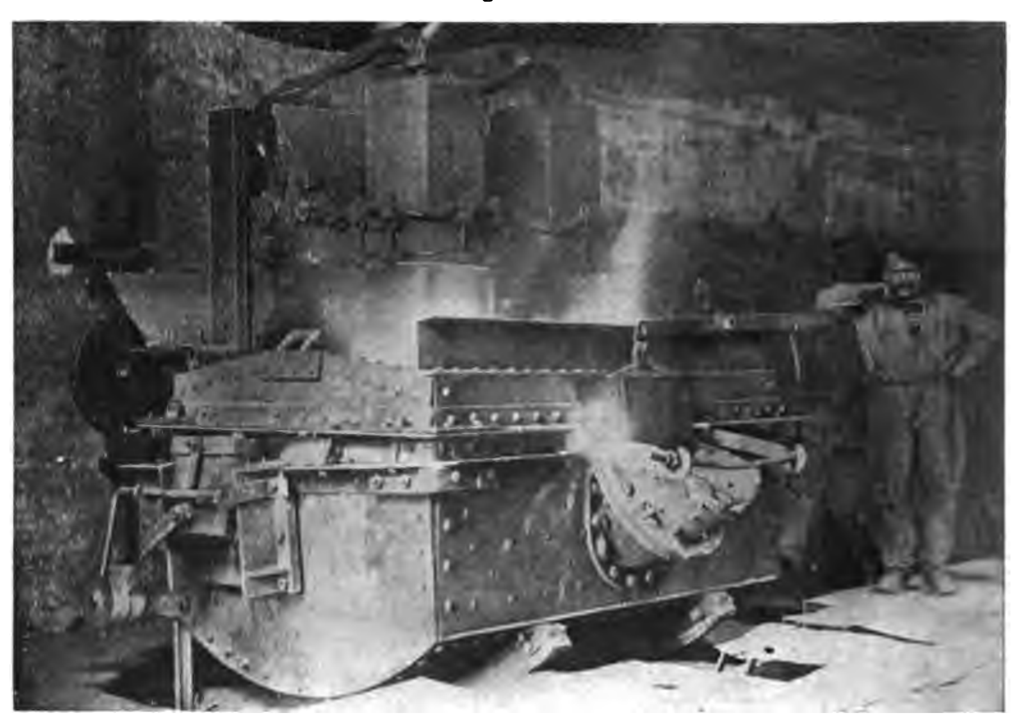
Bei dem HÉROULT-System wird entsprechend dem Schema in Fig. 191 das in einem herdartigen Ofen enthaltene Metall *b* nur indirekt in den Stromkreis eingeschaltet und zwar in der Weise, daß der Strom von der einen Elektrode *c* durch die Schlackenschicht *d* zum Metallbad *b* und von diesem durch die Metallschicht *e* zur zweiten Elektrode *f* geht. Dabei können die Elektroden, wie in der Figur angedeutet und im Abschnitt über Widerstandsöfen erwähnt, in die Schlackenschicht bis nahe an die Metalloberfläche eintauchen, was dann einer direkten Widerstandserhitzung entsprechen würde, oder es kann zwischen den Elektroden und der Schlackenschicht der Lichtbogen gezogen werden. Da HÉROULT derzeit diese Arbeitsweise vorzuziehen scheint, so rechtfertigt es sich, wenn sein Ofen an dieser Stelle und nicht im Abschnitt über Widerstandserhitzung ausführlicher besprochen wird. Jedenfalls muß der Widerstand der Schlackenschicht zwischen

den Elektroden und der Oberfläche des Metallbades kleiner sein, als derjenige der Schlackenschicht zwischen den Elektroden selbst, um auf diese Weise den Strom zu zwingen, zum weitaus größten Teil durch das Metallbad zu gehen.

Der HÉROULTsche Stahlofen ist in den letzten Jahren weitgehend ausgebildet worden und ist in einer Reihe von Anlagen in Frankreich, Deutschland, Schweden, der Schweiz, Österreich etc. teils schon im Betrieb, teils im Bau.

Nach den neuesten Mitteilungen von EICHHOFF [1]) besteht der in den Figuren 192 bis 196 der Tafeln XII und XIII dargestellte HÉROULTsche Elektrostahlofen aus einem Blechmantel, der mit dem Futter aus feuerfesten

Fig. 197.



Elektrostahlofen von HÉROULT.

Steinen *H* und Dolomitstampfmasse *K* versehen ist. Der Boden ist abgerundet und trägt zwei gebogene Schienen, welche in auf Steinsockeln gelagerten *U*-eisen laufen. Der gewölbte Ofendeckel besteht aus einem schmiedeeisernen, mit feuerfestem Mauerwerk versehenen Rahmen und ist abnehmbar. Der ganze Ofen kann mittels hydraulischen Antriebes gekippt werden. Die zwei Elektromotoren an der Rückseite des Ofens dienen zur Betätigung der Ausleger *R*. An diesen sind die beiden Elektroden *E* befestigt, welche durch das Deckelgewölbe hindurchgehen. Der Ofen wird mit einphasigem Wechselstrom betrieben und zwar der dargestellte Ofen aus La Praz mit im Mittel

1) EICHHOFF, Über die Fortschritte in der Elektrostahldarstellung. Stahl und Eisen XXVII, Nr. 2, S. 41 (1907).

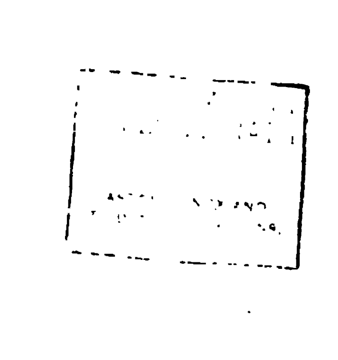
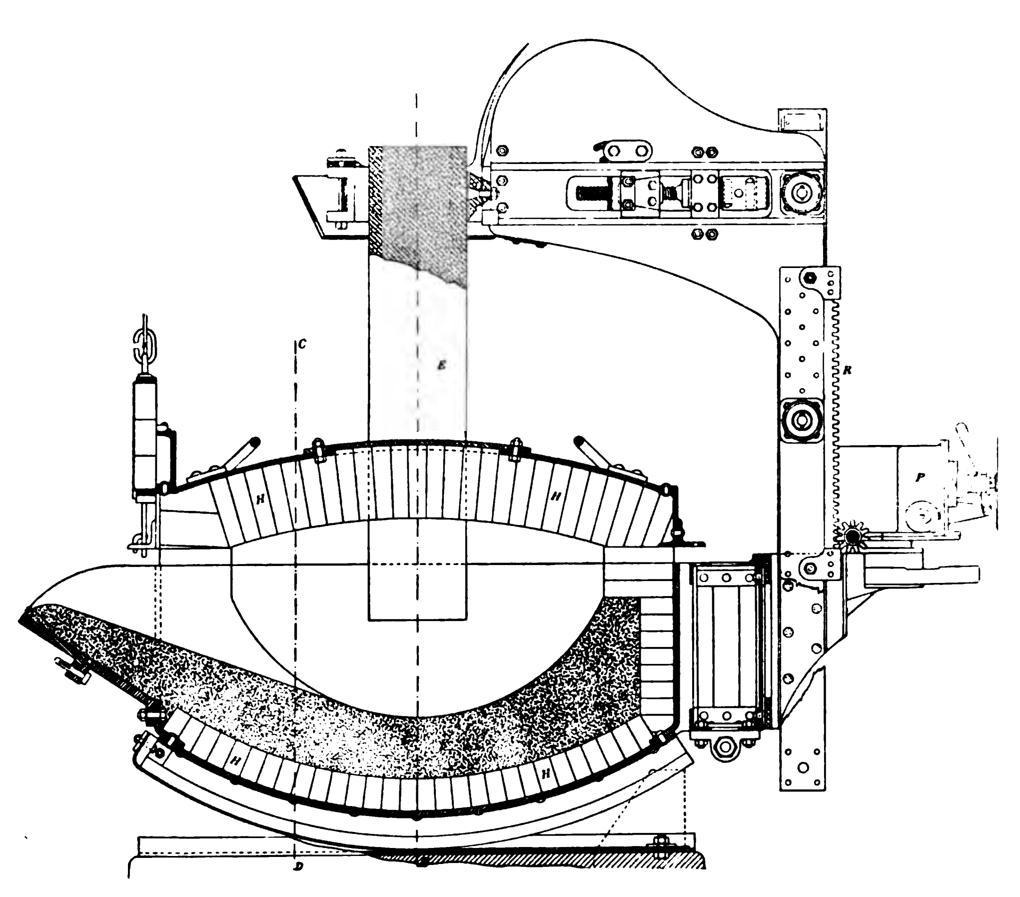
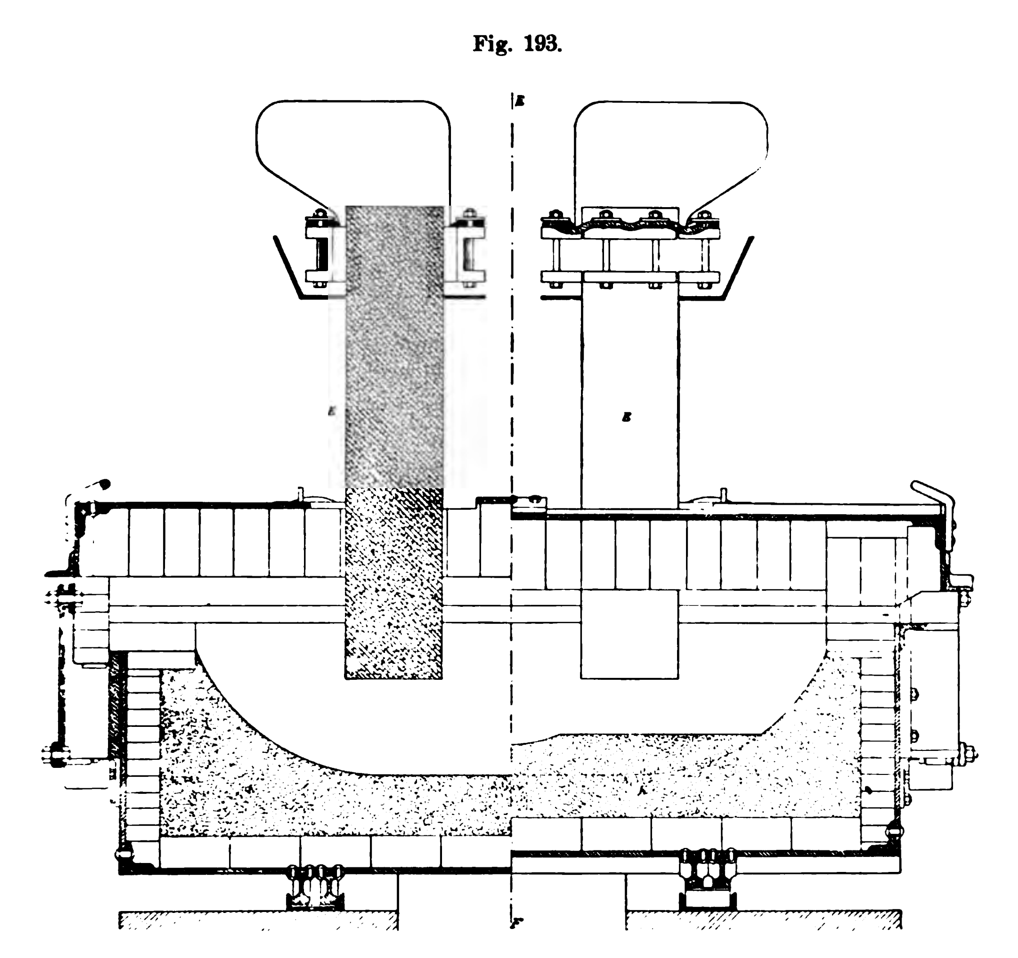


Fig. 192.



Elektrostahlofe

Fig. 193.



von Héroult.

Verlag von S. Hirzel-Leipzig.

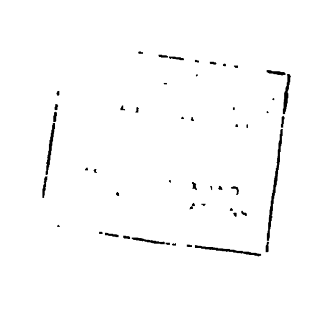
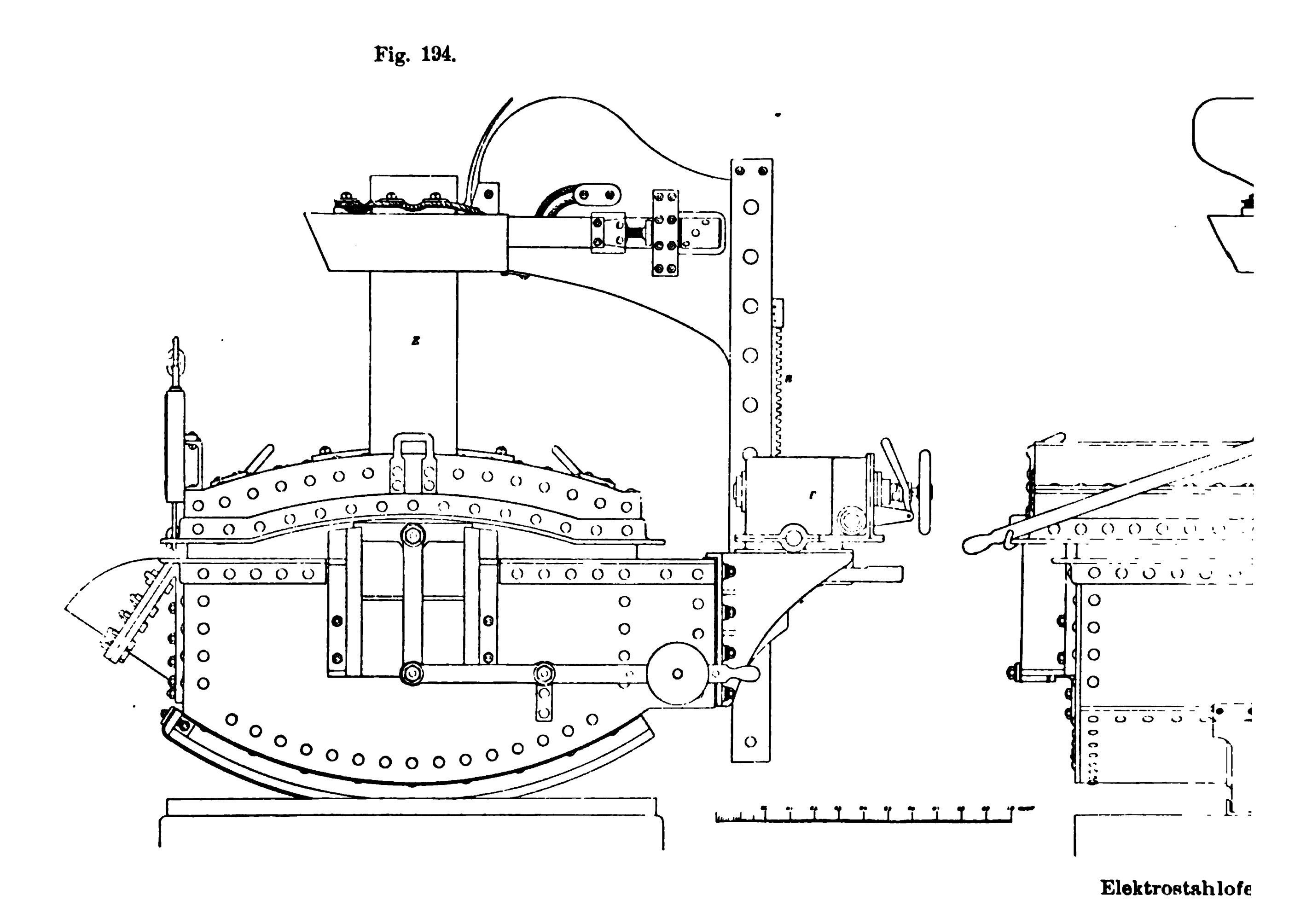
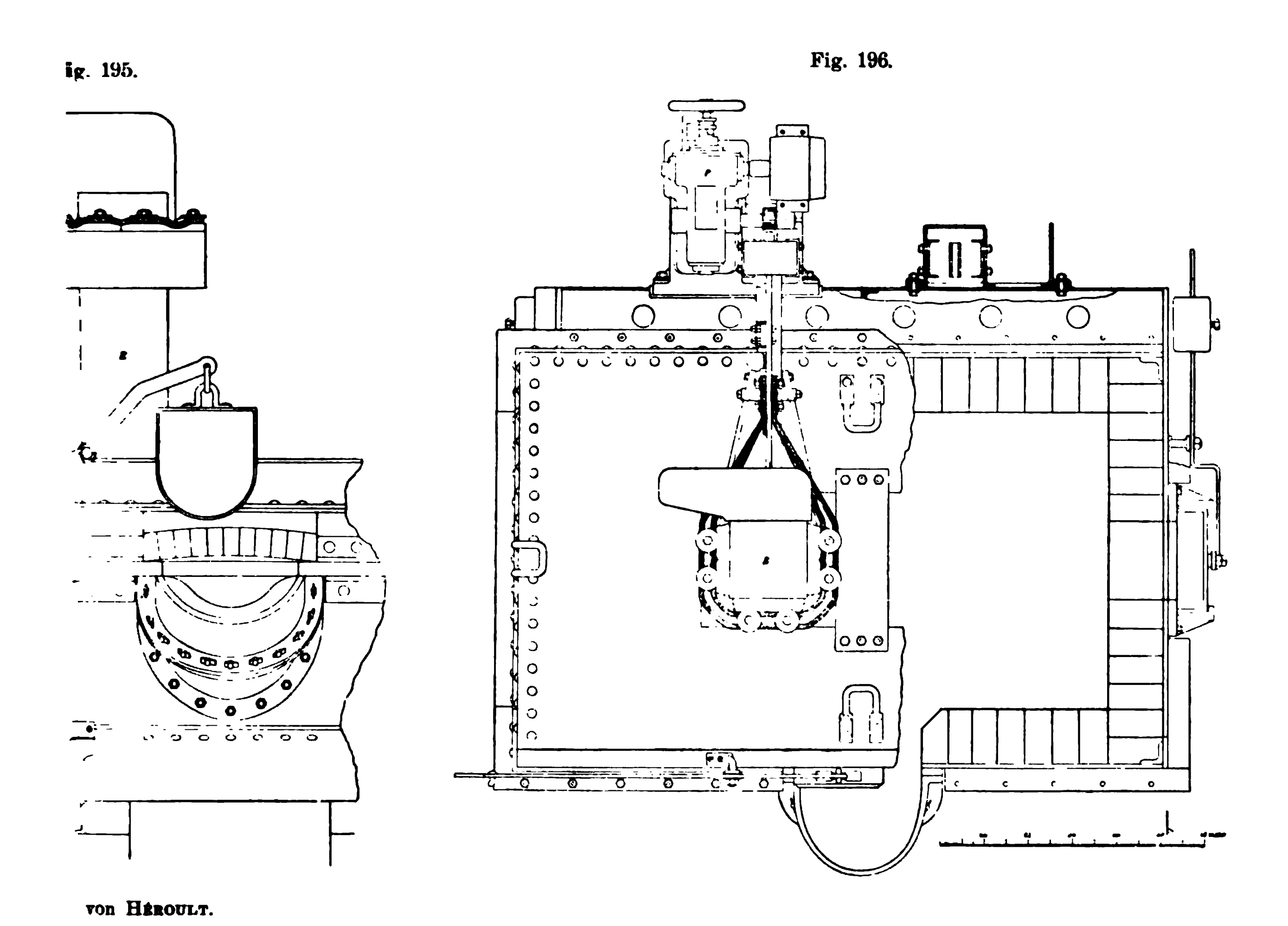


Fig. 194.



Elektrostahlofe



von HÉROULT.

Verlag von S Hirzel-Leipzig.

4000 Ampere bei 110 Volt und 33 Perioden. Die Elektroden werden durch automatische Nebenschlußapparate von selbst in ihrer Stellung reguliert und stellen sich auf eine Entfernung von ca. 45 mm über dem Stahlbade ein. Es ist jedoch auch Handregulierung vorgesehen. Der Teil des Ofendeckels zwischen den beiden Elektroden ist zur Vermeidung von Induktionswirkungen aus Bronze hergestellt. Bei den Elektroden sollen auch Wasserkühlmäntel angewendet werden.

Figur 197 zeigt den HÉROULTschen Ofen im stromlosen Zustande.[1])

Die Arbeitsweise besteht im wesentlichen darin, daß gewöhnlicher Schrott mit etwas Kalkzusatz chargiert und mit dem fortschreitenden Einschmelzen nachgesetzt wird. Sobald das Bad einige Zeit im Schmelzfluß ist, wird der Ofen gekippt, Schlacke abgezogen und die Oberfläche durchgekrückt, so daß praktisch gesprochen nur mehr Metall im Ofen ist.

Durch entsprechende Erz- und Kalkzuschläge wird nun eine neue Schlackenschicht gebildet, um den größten Teil der Verunreinigungen zu entfernen. Diese Operation wird nochmals wiederholt. Zum Schluß wird, je nach dem gewünschten Produkt Ferromangan bei niedergekohltem Material. eine als „Carburit“ bezeichnete Mischung von reinem Eisen und Kohlenstoff bei härterem Material zur Erreichung des gewünschten Kohlungsgrades zugesetzt. Es kann also der Kohlenstoffgehalt des Endproduktes in weiten Grenzen, im Mittel zwischen 0·08 bis 1·00 %, je nach Wunsch gehalten werden.

Natürlich kann auch flüssiger und schon vorgereinigter Stahl aus dem SIEMENS-MARTIN-Ofen zum Fertigraffinieren in den elektrischen Ofen gebracht werden. Für diese Arbeitsweise macht EICHHOFF (l. c.) die nachstehenden Angaben: Aus einem kippbaren SIEMENS-MARTIN-Ofen werden 1500 bis 2000 kg Material unter Zurückhaltung der Schlacke in den elektrischen Ofen chargiert. Hierauf wird das Bad mit einer oxydierenden Schlacke bedeckt und der Strom eingeschaltet. Nach 30 bis 45 Minuten wird die Schlacke vorsichtig abgezogen, die freie Metalloberfläche mit Kohlenstoff bedeckt und neue, oxydfreie Schlacke aufgesetzt. Diese ist nach 20 Minuten geschmolzen und wird durch die Einwirkung des Lichtbogens vollständig desoxydiert. Das Bad ist dabei vom Luftzutritt vollständig abgeschlossen. Die neutrale Schlacke kühlt das Bad ab, so daß der größte Teil des Eisenoxyds durch den aufgebrachten Kohlenstoff reduziert wird. Eine gleichzeitig chargierte Menge von Manganerz reduziert den letzten Rest des Eisenoxyds. Die Schlacke muß nun weiß sein. Es wird dann Probe genommen und die Rückkohlung durch die obere schon erwähnte Mischung von Eisen und Kohlenstoff durchgeführt. Zum Schluß wird der Rest des Mangans und Siliziums zugesetzt und abgestochen.

In der nachstehenden Tabelle sind zwei Chargen aus dem Berichte einer kanadischen Regierungskommission wiedergegeben, welche in Europa verschiedene Elektrostahlsysteme besichtigte. Die beiden Chargen stammen aus dem Betrieb in La Praz.

---

1) Transactions of the Faraday Society. Vol. I, 1905, p. 144.

Tabelle LXXII.

Gehalt C %	Zeit	Volt	KW	KWh	Block-gewicht kg	KWh pro Tonne
0·079	7^{45}	110	200			
	7^{50}	115	220			
	9^{00}	—	350			
	9^{30}	110	330			
	10^{00}	108	360			
	10^{30}	107	360			
	11^{00}	108	360			
	11^{30}	105	350			
	12^{00}	105	360	1410	1283	1100
1·016	11^{45}	120	220			
	12^{00}	120	200			
	12^{15}	115	225			
	2^{45}	110	340			
	3^{45}	108	350			
	4^{15}	107	340			
	4^{45}	107	340			
	5^{15}	105	340			
	5^{45}	110	340			
	6^{15}	110	330			
	6^{45}	110	340	2580	2341	1102

Die neuesten Angaben von Eichhoff über den Kraftverbrauch sind

Tabelle LXXIII.

	Kalter Einsatz (Schrott)								Flüssiger Einsatz (weiches Flußeisen)							
			3 × abschlacken		2 × abschlacken		1 × abschlacken				2 × abschlacken		1 × abschlacken		Nicht abschlacken	
Chargen-Ausbringen	Dynamoleistung in KW	Durchschnittsverbrauch in KW	Chargendauer 4	KW-Std.-Verbrauch f. d. Tonne Stahl	Chargendauer 5	KW-Std.-Verbrauch f. d. Tonne Stahl	Chargendauer 6	KW-Std.-Verbrauch f. d. Tonne Stahl	Dynamoleistung in KW	Durchschnittsverbrauch in KW	Chargendauer 10	KW-Std.-Verbrauch f. d. Tonne Stahl	Chargendauer 11	KW-Std.-Verbrauch f. d. Tonne Stahl	Chargendauer 12	KW-Std.-Verbrauch f. d. Tonne Stahl
500	250	200	3·63	1450	3·32	1330	3·00	1200	218	175	2·00	700	1·68	588	1·33	465
1000	310	250	4·55	1135	4·17	1040	3·78	945	265	215	2·29	493	1·91	410	1·55	333
1500	375	300	5·43	1086	4·98	996	4·53	906	312	250	2·60	433	2·15	357	1·78	296
2000	440	350	5·78	1010	5·30	928	4·82	844	362	290	2·73	396	2·24	325	1·82	363
3000	550	440	6·40	940	5·85	859	5·30	778	456	365	2·97	360	2·42	294	1·92	233
5000	750	600	7·22	868	6·63	795	6·05	725	643	515	3·15	324	2·57	265	2·08	219

Soll Roheisen verarbeitet werden, so verlängert sich die Chargendauer um 20 bis 50 %, und dementsprechend steigt der Verbrauch an Kilowattstunden für die Tonne Stahl.

Über die Zeitdauer der Chargen und der einzelnen Operation gibt Eichhoff (l. c.) die nachstehenden Unterlagen.

Tabelle LXXIV.

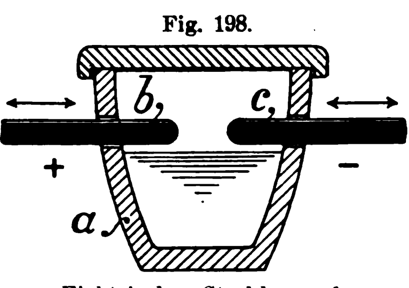
Zeitdauer der einzelnen Operationen im Elektrostahlofen von Héroult.

Nr.	Chargengewicht in kg	Zeitangabe in Minuten					
		500	1000	1500	2000	3000	5000
1	Herdreparatur bei kaltem Einsatz	10	14	16	18	20	22
2	„ „ warmem „	8	10	12	14	17	20
3	Chargieren „ kaltem „	12	15	18	21	25	30
4	„ „ warmem „	15	15	15	15	15	15
5	Einsatz schmelzen bei kaltem Einsatz	100	135	170	180	200	238
6	Abschlacken I „ „ „	7	9	11	12	14	15
7	Schlacke schmelzen „ „ „	12	14	16	17	19	20
8	„ „ „ warmem „	27	30	34	36	40	44
9	Abschlacken II bei kaltem und warmem Einsatz	7	9	11	12	14	15
10	Schlacke schmelzen bei kaltem und warmem Einsatz	12	14	16	17	19	20
11	Abschlacken III „ „ „ „ „	12	13	14	15	17	20
12	Schlacke schmelzen „ „ „ „ „	18	20	22	24	28	30
13	„ „ „ warmem Einsatz	30	35	40	42	46	55
14	„ weißmachen bei kaltem und warmem Einsatz	15	15	16	17	19	20
15	Carburit schmelzen „ „ „ „ „	30	35	40	40	40	40
16	Zuschläge „ „ „ „ „ „	5	8	10	10	10	10
	Gesamtzeit mit kaltem Einsatz	Zeitangabe in Stunden					
1	mit 2 × abschlacken 1, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16	4·00	5·00	6·00	6·38	7·08	8·00
2	„ 2 × „ 1, 3, 5, 6, 7, 11, 12, 14, 15, 16	3·68	4·63	5·55	5·90	6·53	7·42
3	„ 1 × „ 1, 3, 5, 11, 12, 14, 15, 16	3·37	4·25	5·10	5·42	5·98	6·83
	Stromgebrauchszeit mit kaltem Einsatz						
4	mit 3 × abschlacken $\frac{3}{2}$, 5, 6, 7, 9, 10, $\frac{11}{2}$, 12, 14, 15, 16	3·63	4·55	5·43	5·78	6·40	7·22
5	„ 2 × „ $\frac{3}{2}$, 5, 6, 7, $\frac{11}{2}$, 12, 14, 15, 16	3·32	4·17	4·98	5·30	5·85	6·63
6	„ 1 × „ $\frac{3}{2}$, 5, $\frac{11}{2}$, 12, 14, 15, 16	3·00	3·78	4·53	4·82	5·30	6·05
	Gesamtzeit mit warmem Einsatz						
7	mit 2 × abschlacken 2, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16	2·48	2·82	3·18	3·33	3·65	3·90
8	„ 1 × „ 2, 4, 8, 11, 12, 14, 15, 16.	2·17	2·43	2·73	2·85	3·10	3·32
9	ohne „ 2, 4, 13, 14, 15, 16	1·72	1·97	2·22	2·30	2·45	2·66
	Stromgebrauchszeit mit warmem Einsatz						
10	mit 2 × abschlacken 8, 9, 10, $\frac{11}{2}$, 12, 14, 15, 16	2·00	2·29	2·60	2·73	2·97	3·15
11	„ 1 × „ 8, $\frac{11}{2}$, 12, 14, 15, 16	1·68	1·91	2·15	2·24	2·42	2·57
12	ohne „ 13, 14, 15, 16	1·33	1·55	1·78	1·82	1·92	2·08

b) Indirekte Lichtbogenerhitzung (Strahlungsöfen).

Die Anwendung solcher Öfen ist dann begründet, wenn entweder das zu schmelzende Material mit den gewöhnlich aus Kohle bestehenden Elektroden nicht in Berührung kommen soll und die vorstehend bei dem HÉROULT-Ofen beschriebene Anwendung einer Schlackendecke nicht zulässig ist oder die zu behandelnde Substanz auch bei hoher Temperatur nicht genügend leitet oder endlich die Temperatur im direkten Lichtbogen für den vorliegenden Zweck zu hoch ist und eine andere, nichtelektrische Erhitzung nicht zulässig ist.

Fig. 198.



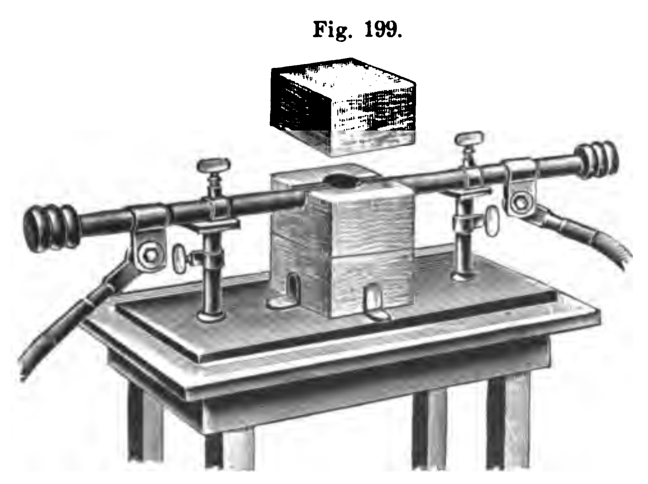
Elektrischer Strahlungsofen. Schematisch.

Den Grundgedanken für derartige Strahlungsöfen finden wir in alten Patenten PICHONS aus dem Jahre 1853 und späteren Patenten von CH. W. SIEMENS aus dem Jahre 1878. Beide Vorschläge lassen sich schematisch in dem in Fig. 198 dargestellten Grundgedanken vereinigen, daß ein geschlossener Schmelzraum *a* ein oder mehrere Paare horizontaler Elektroden *b c* enthält, die durch die Seitenwände hindurchgehen und in ihrer Längsrichtung beweglich sind. Ob man das Schmelzgut nach PICHONS Vorschlag durch die Lichtbogenzone hindurchfallen oder nach SIEMENS ruhend der strahlenden Wärme des Lichtbogens aussetzt, ist für den konstruktiven Grundgedanken nebensächlich. Wir finden auch in älteren Arbeiten, insbesondere von ROGERSON, STATTER und STEVENSON usw., bei derartigen Strahlungsöfen die magnetische Ablenkung des Lichtbogens gegen die zu erhitzende Substanz hin vorgeschlagen.

α) Ausführungen für Laboratoriumsbetrieb.

In Laboratoriumsöfen der vorstehend geschilderten Systeme hat MOISSAN seine bekannten, zahlreichen Untersuchungen über das Verhalten vieler Körper bei hohen Temperaturen angestellt, und diesem Umstande ist es wohl zuzuschreiben, daß solche Öfen im allgemeinen als MOISSANsche Öfen bezeichnet werden. Diese Bezeichnung ist nach dem vorstehend Gesagten keine ganz gerechtfertigte. Das Prinzip der verschiedenen von MOISSAN auch in seinem Buch über den elektrischen Ofen beschriebenen Versuchsanordnungen besteht immer darin, einen Lichtbogen

Fig. 199.



Strahlungsofen der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt in Frankfurt a. M.

von größerer oder geringerer Stärke in einer kleinen Höhlung eines Blocks aus feuerfestem Material auf die betreffende Substanz wirken zu lassen.

Fig. 200.

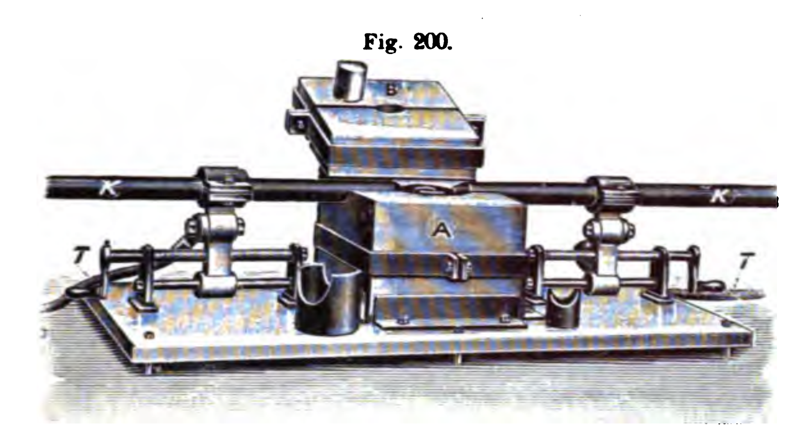
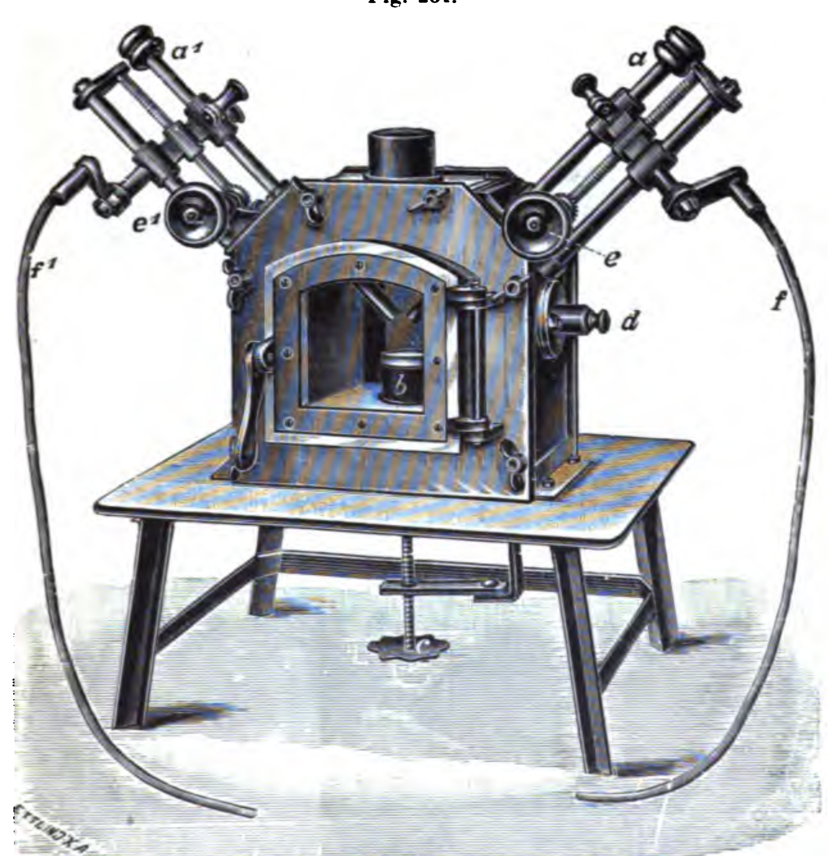


Fig. 201.



Strahlungsöfen der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt in Frankfurt a. M.

Die einfachste Form besteht aus zwei Kalksteinblöcken von rechteckigem Querschnitt, die übereinander gesetzt werden. Die Berührungsflächen enthalten entsprechende Aussparungen, um die Kohlenelektroden einführen zu

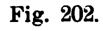
können. Der untere Block enthält eine Bohrung, die den Tiegel aufnimmt, während der Deckelblock über dem Tiegel entsprechend ausgenommen ist. um als Wärmereflektor zu dienen.

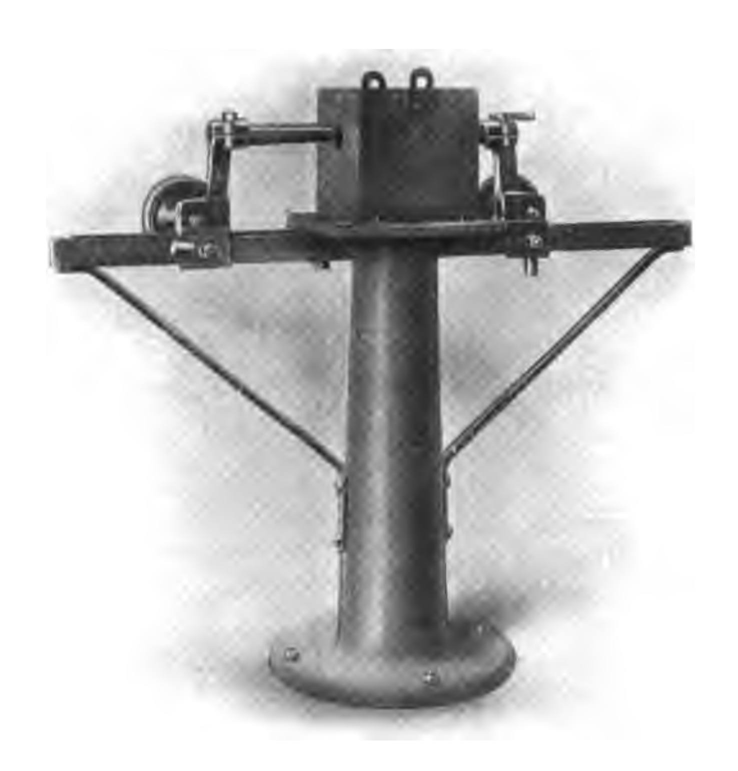
In solchen einfachen Öfen erzielte Moissan bei seinen Versuchen über die Herstellung künstlicher Diamanten nachstehende Temperaturen:

Bei	55 V.	30 A.	2250 ° C
„	45 „	100 „	2500 ° „
„	70 „	450 „	3000 ° „

In Deutschland werden derartige Strahlungsöfen in mehrfacher Ausführung von der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt in Frankfurt a. M. gebaut.

Fig. 199 zeigt einen Ofen einfachster Ausführung für Stromstärken bis zu 100 Ampere bei mindestens 50 Volt. Die Einsatztiegel dazu (Kohle.


Fig. 202.



Laboratoriumsofen von Marryat & Place, London.

Magnesit oder geschmolzene Magnesia) messen 50 × 45 mm, die Kohlen 500 × 22 mm.

Fig. 200 zeigt einen etwas größeren Ofen für 150 Ampere bei 50 bis 60 Volt mit Kohleneinstellvorrichtung. Die dazu passenden Tiegel haben ebenfalls 50 mm Höhe und 45 mm Durchmesser, die Kohlen 750 mm Länge und 30 mm Durchmesser.

Der in Fig. 201 dargestellte Ofen ermöglicht es, mit entsprechend dunklen Brillen den Schmelzvorgang zu beobachten.

Der feuerfeste, auf beiden Seiten offene, in Eisen gefaßte Tonmantel hat im Boden eine Öffnung, in welcher der ebenfalls aus feuerfestem Material angefertigte Block *b* durch die Stellschraube *c* auf- und abbewegt wird. Der betreffende, aus Kohle, Magnesit oder einem ähnlichen Material hergestellte Schmelztiegel wird auf den Block *b* gesetzt. Die beiden Kohleelektroden *aa'* ragen in den Tiegel hinein und werden durch die beiderseitigen Reguliervorrichtungen, die durch die Handräder *ee'* betätigt werden, genähert und entfernt. *ff'* sind die Stromzuführungen.

Der Ofenraum ist vorn und hinten durch mit Glimmerscheiben versehene Türen zugänglich, durch welche auch das Einsetzen der Schmelztiegel erfolgt.

Die Deutsche Gold- und Silberscheideanstalt baut die eben beschriebenen Öfen in vier verschiedenen Größen mit den nachstehenden Abmessungen und Leistungen:

Tabelle LXXV.

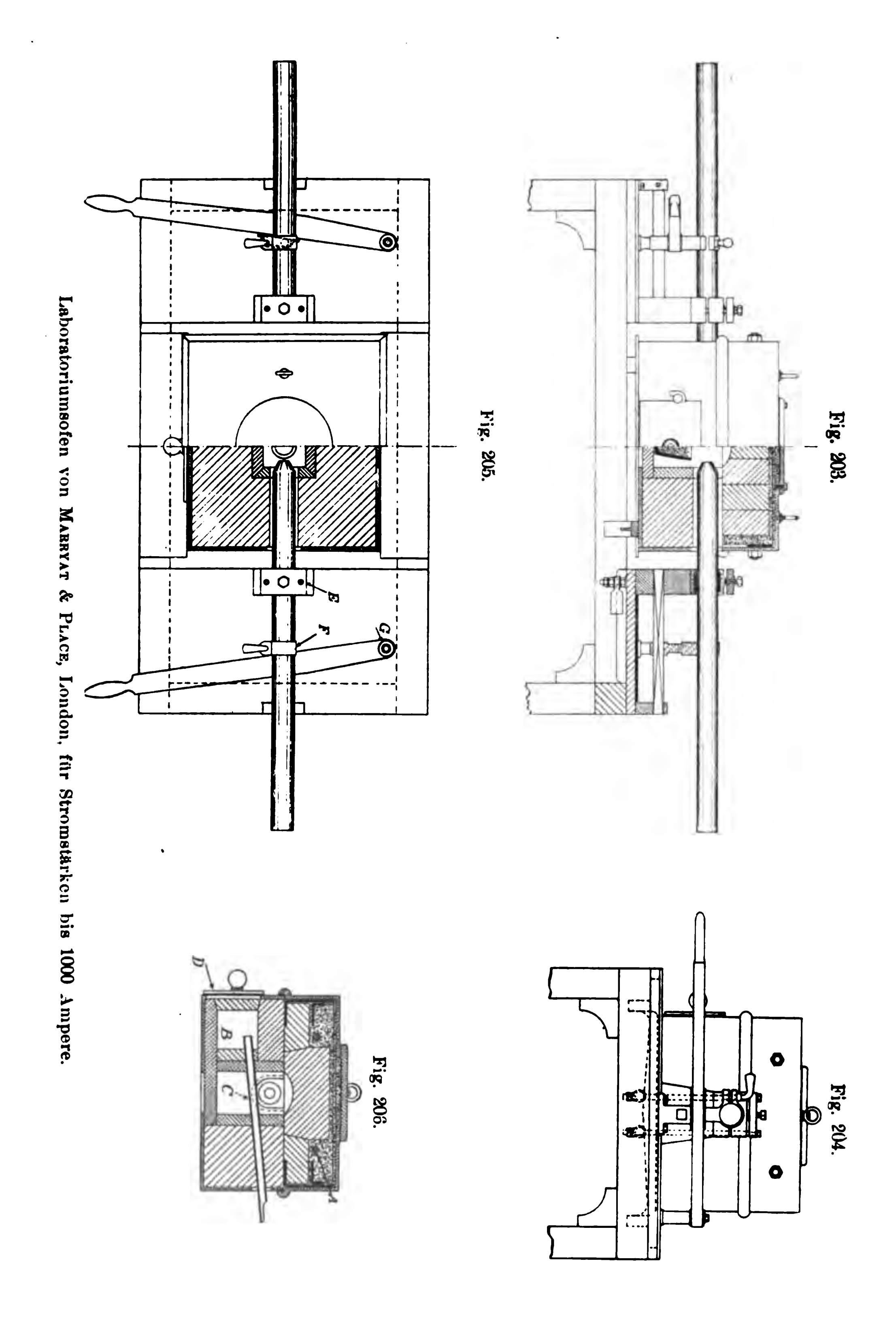
Ampere bei 50 bis 60 Volt bis	100	150	250	500
Länge der Elektroden, mm	500	750	800	1000
Durchmesser der Elektroden, mm	22	30	40	80
Größe der Einsatzschalen, mm	60 × 100	60 × 100	60 × 100	60 × 150
Gewicht des Ofens, kg	48	50	60	150

Derartige, sogenannte Moissansche Laboratoriumsöfen für noch höhere Stromstärken werden von Marryat & Place in London gebaut. So zeigt z. B. Fig. 202 die Ansicht eines solchen Ofens für Stromstärken bis zu 600 Ampere. Sowohl der Boden als die Kappe des Ofens besteht aus gußeisernen Büchsen, welche mit feuerfestem Material derart ausgekleidet sind, daß man das Ofenfutter leicht ausbessern oder ersetzen kann. Die Kohlenelektroden sind an Mitnehmer aus Bronze montiert, an welche die Zuleitungskabel angeschlossen werden können. Die Regulierung der Elektroden erfolgt durch Zahnrad und Zahnstange.

In den Figuren 203 bis 206 ist ein noch größerer Ofen der gleichen Firma für Stromstärken bis zu 1000 Ampere und Spannungen von 50 bis 150 Volt dargestellt, welcher sowohl für Gleich- als Wechselstrom anwendbar ist.[1])

Der Ofen besteht wieder aus zwei aufeinandergesetzten Gußeisengehäusen, welche mit Magnesiaziegeln ausgekleidet sind. Das Futter des oberen Teiles ist mit Rücksicht auf eine leichte Erneuerung von einem Rahmen aus Eisenblech gehalten, der mittels Bolzen an dem gußeisernen Gehäuse befestigt ist. Sobald der die Magnesiaziegel enthaltende Rahmen in richtige Stellung gebracht ist, wird jeder noch freie Raum mit Magnesia von einer Öffnung im Deckel aus ausgestopft. Diese Öffnung ist gewöhnlich mit einer Kupferplatte verschlossen, kann aber offen gehalten werden, wenn es sich um Versuche handelt, welche Gaszug benötigen. Der Bodenteil des Ofens enthält, wie

1) Engineering. 23. März 1906, p. 381.



Laboratoriumsofen von MARRYAT & PLACE, London, für Stromstärken bis 1000 Ampere.

Fig. 206 zeigt, außer der Haupthöhlung noch einen zweiten Hohlraum, in welchem, z. B. bei kontinuierlichen Versuchen, das von der Reaktion unter dem Lichtbogen herrührende Produkt angesammelt werden kann. Dies ist z. B. der Fall, wenn ein zu reduzierendes Oxyd durch ein Kohlenrohr die Lichtbogenzone durchfällt. In der Konstruktion der Gehäuse und des Futters ist das Einsetzen solcher Reduktionsrohre von verschiedenem Querschnitt vorgesehen. Der Sammelraum ist durch die in den Fig. 203 u. 206 ersicht-

Fig. 207.

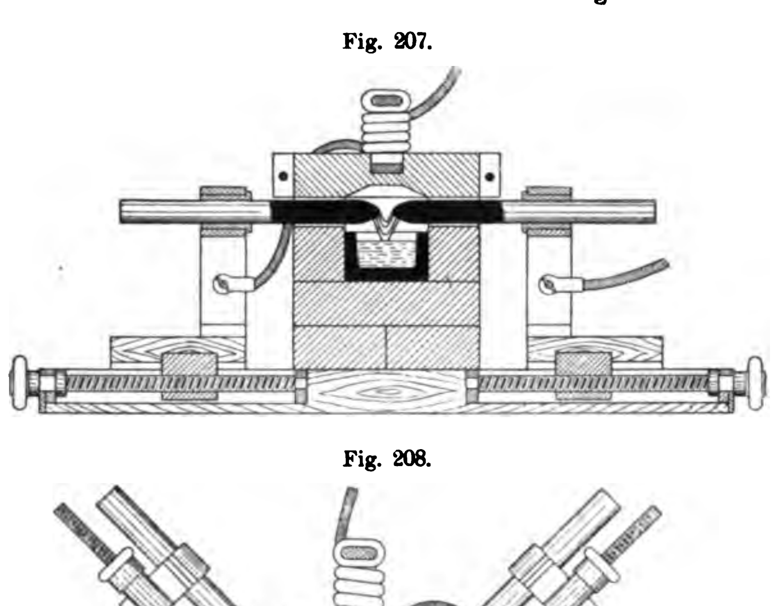
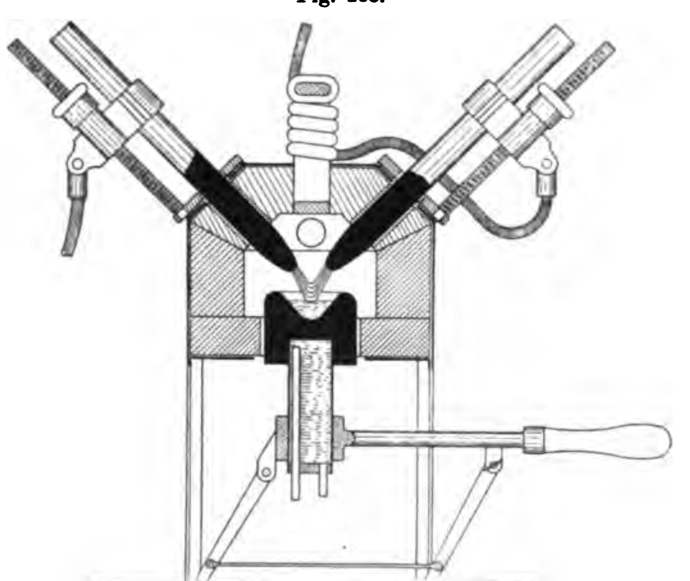


Fig. 208.



Laboratoriumsöfen von SCHUEN.

liche Tür zugänglich. Der Ofen steht auf zwei eisernen, am Arbeitstisch angebrachten Trägern. Die runden Kohlenelektroden von etwa 50 mm Durchmesser bei 1000 Ampere werden von Kupferblöcken gehalten, und sind Einsätze für dünnere Kohlen bei kleineren Stromstärken vorgesehen. Diese Kupferblöcke sind seicht ausgehöhlt und mit Packungen aus feiner Kupfergaze versehen, um einen möglichst guten Kontakt der Kohlenstäbe zu vermitteln. Die Gaze wird mit Graphit geschmiert, damit die Stäbe besser gleiten. Die Kupferblöcke sind mit kupfernen Bolzen befestigt, die gleich-

zeitig als Kabelanschlüsse dienen. Zur Bewegung der Kohlenelektroden dienen Handhaben aus hartem Holz.

Zweckmäßige Laboratoriumsstrahlungsöfen mit magnetischer Ablenkung des Lichtbogens hat SCHUEN konstruiert.[1]) Von den beiden in Fig. 207 und 208 dargestellten Ausführungsformen hat die eine horizontale, die andere zueinander im Winkel stehende Elektroden, und ist ein geschlossener, in den Hauptstromkreis eingeschalteter Magnet, der gleichzeitig als Griff dient, in den Deckel des geschlossenen Tiegelofens eingesetzt. Bei der zweiten Ausführungsform ist eine Wasserkühlung für das Schmelzgefäß vorgesehen.

β) Ausführungen für industriellen Betrieb.

Die Anwendung von Strahlungsöfen für industrielle Zwecke ist eine verhältnismäßig beschränkte. Dies ist auch erklärlich, denn bei den Öfen dieses Systems wird die Wärme des Lichtbogens am schlechtesten ausgenützt und ist deren Anwendung nur in den Fällen gerechtfertigt, welche in der einleitenden Besprechung zu dieser Gruppe angeführt wurden.

Von dem Gesichtspunkte, die direkte Einwirkung der hohen Temperatur des Lichtbogens zu vermeiden, geht eine Reihe von Verfahren und Ofenkonstruktionen DE LAVALS aus, welcher in Strahlungsöfen heute schon Zink in größerem Maßstabe darstellt.

Ein solcher Ofen für Zinkdestillation besteht aus einem rechteckigen Herd, an dessen einer Schmalseite das Rohmaterial durch Fülltrichter und Fallöffnungen kontinuierlich zugeführt wird, so daß dieses einen abgeböschten Haufen bildet, dessen Oberfläche nun durch die strahlende Wärme des zwischen den Elektroden überspringenden Lichtbogens erhitzt wird. Die Elektroden liegen an der anderen Schmalseite des Ofens, welche außerdem den Abzug für die Dämpfe und einen vertieften Herd für die geschmolzenen Nebenprodukte enthält. Da die chemischen Reaktionen an der Oberfläche des Haufens vor sich gehen, so kann staubförmiges Material zur Anwendung kommen. Da die Beschickung allmählich gegen die Lichtbogenzone vorrückt, so tritt zuerst die Reduktion des Erzes und dann erst die Destillation des Zinks ein. Auf diese Weise wird z. B. aus gepulverten, ungerösteten und trockenen Zinkerzen mit Zuschlag von Kalk und Eisenerz auf Zinkdämpfe und Schwefeleisen gearbeitet, erstere werden kondensiert, letzteres gesammelt und abgestochen.

Eine derartige DE LAVALsche Zinkanlage ist auf dem „Gustav de Lavals Elektriska Smaeltverk" in Hafslund (Norwegen) mit 2400 PS. im Betrieb.

Das Bestreben, bei der elektrothermischen Erzeugung von Eisen und Stahl Lichtbogenöfen verwenden zu können, ohne trotzdem die Beschickung mit den Kohlenelektroden in Berührung zu bringen, führte zur Ausbildung der elektrischen Strahlungsöfen von STASSANO. Auf dem 6. Internationalen Kongreß für angewandte Chemie in Rom 1906 hat STASSANO folgende Konstruktionsprinzipien für seine Öfen aufgestellt: [2])

---

1) BORCHERS, Das neue Institut für Metallhüttenwesen und Elektrometallurgie 1903, p. 47. Desgl. Die elektrischen Öfen 1907, p. 112. Verlag W. Knapp, Halle a. S.

2) Siehe Näheres, Elektrochemische Zeitschrift 1905, XII. p. 37, 60, 82. Dr. A. NEUBURGER, Berg- und Hüttenmännische Rundschau 1905, I, p. 334. Transactions of the Faraday-Society I, 1905, p. 155. PETERS, Die Elektrometallurgie im Jahre 1905. „Glückauf" 1906, Nr. 44. WEDDING, Italiens Eisenindustrie. Stahl und Eisen 1907, p. 14.

Fig. 209.

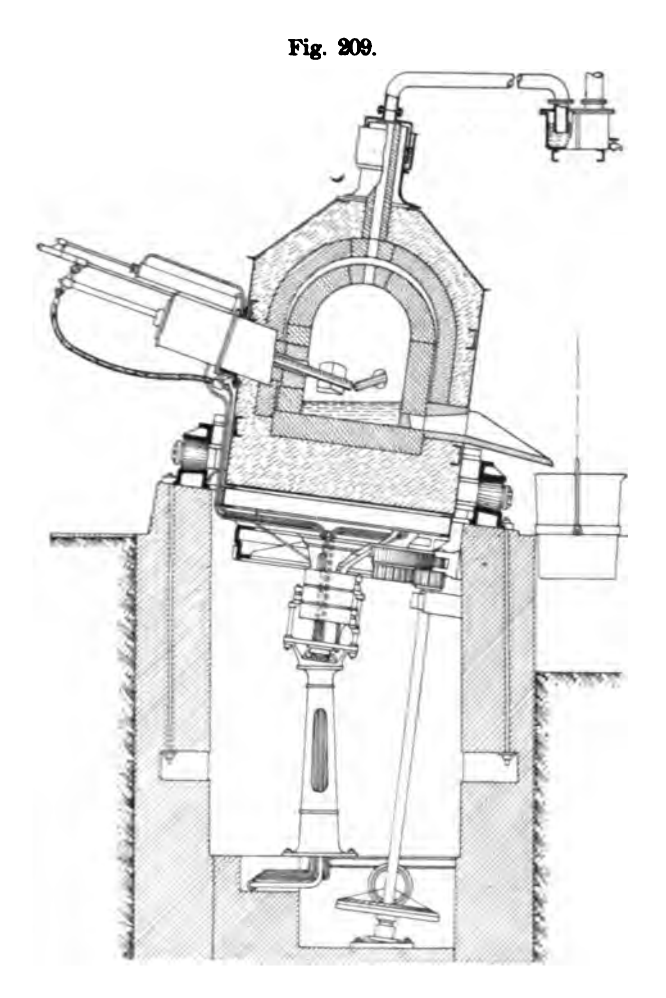
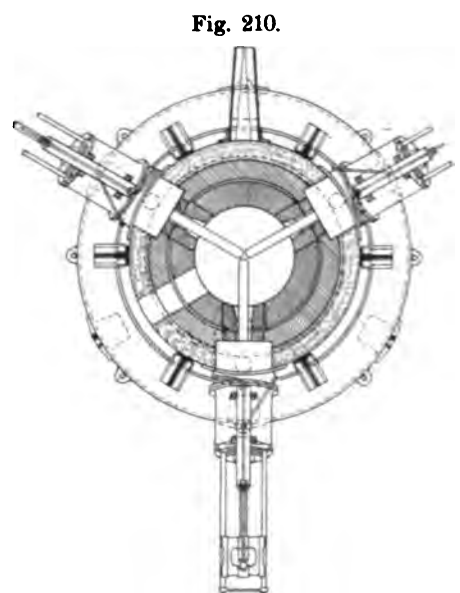


Fig. 210.



Rotierender Strahlungsofen von Stassano.

1. Der Schmelzraum muß gegen die direkte Einwirkung der Luft geschützt sein.
2. Der Herd muß vollkommen neutrales Futter haben.
3. Die Umwandlung der elektrischen Energie muß möglichst hohe Temperatur geben.
4. Die zu schmelzenden Materialien dürfen nicht Gelegenheit zur Aufnahme schädlicher Körper haben, die Berührung mit den Elektroden muß also vermieden werden.
5. Der Betrieb muß kontinuierlich unter voller Belastung verlaufen.

Für unsere Zwecke würde es wohl zu weit führen, auf die verschiedensten Entwickelungsformen des STASSANO-Ofens, insbesondere die früher ausschließlich gebauten stabilen Herdöfen mit strahlender Lichtbogenerhitzung, einzugehen, und werden wir uns auf eine Beschreibung der neuesten rotierenden Ofenform beschränken.

Ein solcher rotierender Ofen ist in den Fig. 209 und 210 der Tafel XIV in einem senkrechten und einem horizontalen Schnitt dargestellt. Fig. 211 zeigt eine Ansicht eines STASSANO-Ofens.

Der Ofen besteht aus einem zylindrischen Schmelzraum, der aus einem in einen Kegelstumpf auslaufenden Eisenzylinder gebildet wird, der mit feuerfestem Futter und mit Kugelgewölbe am Ofenkopf versehen ist. Die Elektroden ragen seitlich in den Schmelzraum hinein. Die bezüglichen Öffnungen enthalten doppelwandige Metallzylinder, in welchen Kühlwasser zirkuliert. Diese Metallzylinder tragen außen ein Gestänge, durch welches die Elektroden gehalten und geführt werden. Der Strom wird durch biegsame Kabel zugeführt. Die Bewegung der Elektroden erfolgt hydraulisch und durch eine Verbindung der Kolbenstange mit den Kohlenträgern. Der Ofenmantel trägt am Ofenfuß einen Gürtel und ruht durch diesen auf einem mit Kegelrädern versehenen Metallkranz auf, die in die Kegelstumpfoberfläche einer Gußeisenscheibe eingreifen. Die Scheibe liegt schräg auf gemauerten Pfeilern, so daß der Ofen eine um ca. 7° geneigte Lage einnimmt. Durch ein entsprechendes Zahnradgetriebe kann der Ofen in Drehung versetzt werden. Die Stromzuführung erfolgt durch isolierte Kupferringe an der unteren Fläche des Ofengestelles, welche durch Kupferstangen mit den biegsamen Zuleitungen der Elektrodenhalter verbunden sind. Auf den Kupferringen schleifen die Kontaktbürsten. Eine Öffnung in der Verlängerung der Ofensohle dient zum Abstich, eine Rohrleitung im Kopfgewölbe zum Abführen von Gasen und Flugstaub. Diese Rohrleitung mündet in eine Waschvorlage, die gleichzeitig als Wasserverschluß dient und den Schmelzraum von der Außenluft abschließt.

Das Ofenfutter besteht aus Magnesitformsteinen, welche, abgesehen von Reparaturen im Schlackenniveau, im Mittel 40 Betriebstage aushalten sollen.

Es kann zum Betrieb sowohl einphasiger Wechselstrom, als, wie bei dem dargestellten Ofen, Drehstrom (80 Volt pro Phase) verwendet werden.

Das STASSANO-Verfahren ist besonders dadurch gekennzeichnet, daß es nicht nur von Roheisen und Schrott, sondern auch direkt vom Erz ausgeht. Als Rohmaterial dienen reinste Hämatiterze, welche fein gemahlen und mit den genau berechneten Mengen von schlackenbildenden Zuschlägen und Kohle brikettiert werden. Die Elektroden nehmen an der Reduktion nicht teil, sondern liefert der Lichtbogen nur die erforderliche Wärme. Da der Ofen abgeschlossen ist und daher keine Verbrennung der Reduktionskohle

zu Kohlenoxyd stattfindet, erfolgt die Reduktion nur durch den festen Kohlenstoff. Aus diesem Grunde ist es erforderlich, die Rohstoffe möglichst fein zu mahlen und innig zu mischen. Unterstützt wird dieses Bestreben noch durch die Rotation des Ofens, sobald die Charge geschmolzen ist. Auf Grund genauer Berechnung des Kohlenzuschlages können beliebige Produkte, vom

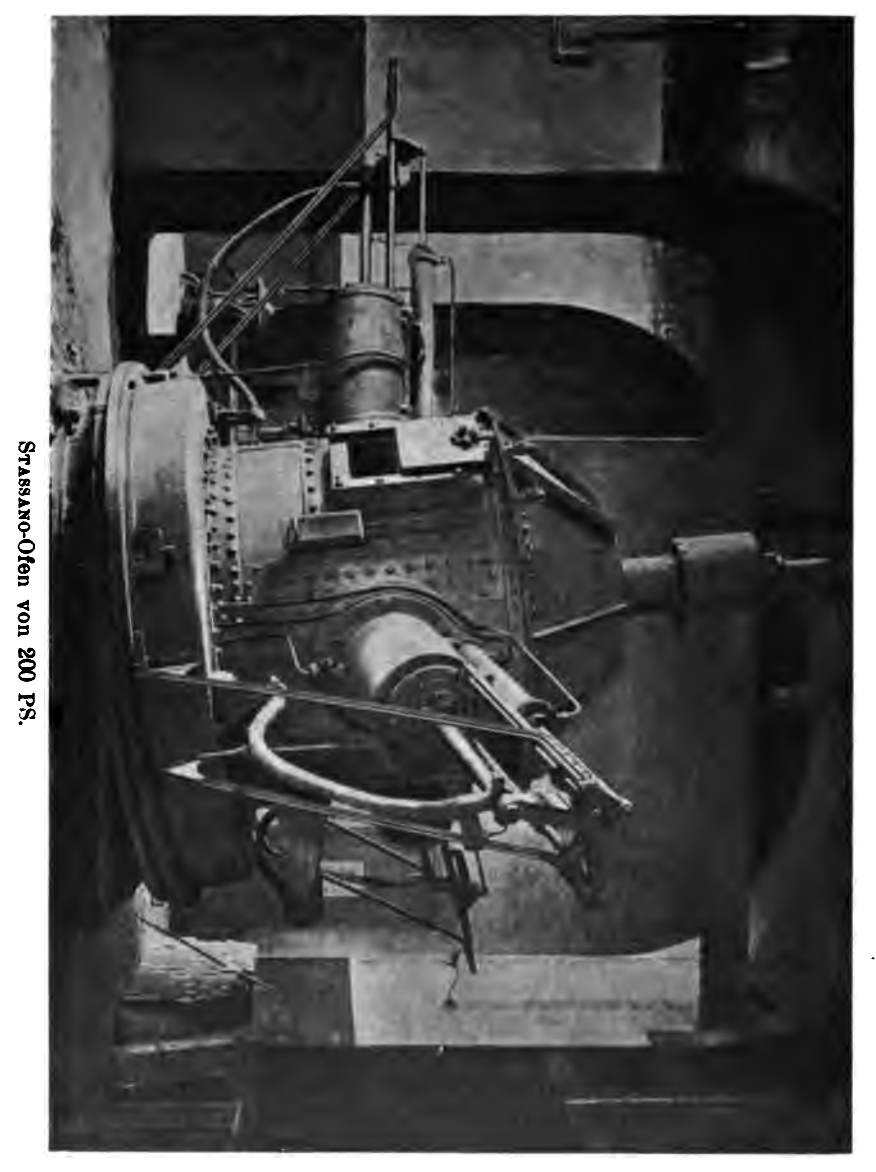


Fig. 211. Stassano-Ofen von 200 PS.

weichsten Flußeisen bis zu hartem Stahl, ja bis zu Roheisen erzeugt werden. Der Ofen und das darin durchgeführte Verfahren ist speziell auf die sehr reinen Erze und die günstigen Kraftverhältnisse Norditaliens zugeschnitten. während es für unreine Erze versagen dürfte.

Der Ofen kann natürlich auch zum Stahlschmelzen aus Schrott, bzw. Roheisen und Schrott verwendet werden. Für solche Zwecke sind z. B. drei

rotierende Öfen (für 1000, 200 und 100 PS.) im Kgl. Artilleriearsenal in Turin im Betrieb, in welchen gewöhnlich Stahl für Artilleriegeschosse mit 0·3 bis 0·4 % Kohlenstoff, 1·2 bis 1·5 % Mangan und 0·03 bis 0·04 % Phosphor erzeugt wird. Eine Charge besteht z. B. aus 350 bis 400 kg Roheisen, 200 bis 250 kg Schrott und einem entsprechenden Zuschlag an Erz und Kalk, um Verunreinigungen zu oxydieren und eine basische Schlacke zu bilden, welche das Ofenfutter nicht stark angreift und Schwefel, sowie Phosphor aufnimmt. Der Ofen hat einen Materialabbrand von 1·5 bis 2 % und einen Elektrodenverbrauch von etwa 5 kg pro Tonne Stahl. Der Kraftverbrauch beträgt 1100 bis 1300 Kilowattstunden pro Tonne Stahl. Der thermische Wirkungsgrad beträgt etwas über 50 %. Jeder Ofen erfordert 6 Mann zur Bedienung.

Soweit dem Verfasser bekannt ist, steht der Stassano-Ofen bisher nur in Italien im Betrieb, während eine Anlage kleineren Umfanges für Erzeugung von Stahlguß in Deutschland im Bau ist.

B. Lichtbogenöfen für die Gewinnung gasförmiger Produkte aus gasförmigen Rohmaterialien.

Es is bekanntlich eines der derzeit am meisten umworbenen Ziele der Elektrotechniker und Elektrochemiker, den Stickstoff aus der Atmosphäre zu aktivieren, d. h. ihn in einer für Düngerzwecke technisch verwertbaren und den ökonomischen Wettbewerb mit den üblichen Düngermitteln ermöglichenden Form zu binden. Von technisch erfolgreichen Wegen sind nach dieser Richtung bisher zwei zu erwähnen. Entweder wird der Stickstoff bei Temperaturen von nahezu 1000° C über gepulvertes Kalziumkarbid geleitet, und erhält man dann als Produkt dieser Reaktion eine Kalziumverbindung des Stickstoffs, das Kalziumcyanamid, neben ausgeschiedenem Kohlenstoff, welches als „Kalkstickstoff“ bezeichnete Gemisch heute schon in großen Mengen als ein neues Düngermaterial mit Erfolg hergestellt und verbraucht wird. Dieser Weg der Aktivierung des Stickstoffs, welcher von Frank und Caro und der Siemens & Halske A.-G. technisch durchgebildet wurde, ist für die Zwecke dieses Handbuches insofern nur von sekundärem Interesse, als es sich um eine ausgedehntere Verwendung des Kalziumkarbids handelt. Die Anwendung der elektrischen Energie ist also nur eine mittelbare, insofern als sie zum Betrieb der Karbidöfen dient.

Hingegen müssen wir kurz auf die Bestrebungen eingehen, welche dahin zielen, den Stickstoff direkt mit seinem Begleiter in der Atmosphäre, dem Sauerstoff, zu gegenseitiger chemischer Verbindung zu zwingen. Das Resultat dieser Vereinigung ist die Bildung von Stickstoffoxyden, die sich dann leicht in Salpetersäure und aus dieser in Nitrate überführen lassen. Es handelt sich also darum, eines unserer wichtigsten Düngemittel, den Chilesalpeter, durch Herstellung von Stickstoffverbindungen aus der atmosphärischen Luft zu ersetzen. Um Sauerstoff und Stickstoff zum Eingehen chemischer Verbindungen zu zwingen, muß das Gasgemisch einerseits hoch erhitzt, dann aber rasch soweit abgekühlt werden, daß ein Wiederzerfall des entstandenen Stickoxyds möglichst hintangehalten wird.

Seit Cavendish und Priestley schon 1780 erkannt hatten, daß beim Durchschlagen starker elektrischer Funken durch atmosphärische Luft ganz beträchtliche Mengen von Verbindungen des Stickstoffs mit Sauerstoff ent-

stehen, wurde dieses Problem immer wieder auf einem technisch und ökonomisch durchführbaren Wege zu lösen versucht, doch hat man erst in jüngster Zeit ermutigende Resultate erzielt. Da es sich im wesentlichen stets darum handelt, die atmosphärische Luft durch elektrische Entladungen auf die für die Vereinigung der beiden Elemente erforderliche Temperatur zu bringen, wobei ein geschlossener Raum für die elektrischen Entladungen mit Zu- und Abflußleitungen für die Gase anzuwenden ist, so ist man wohl

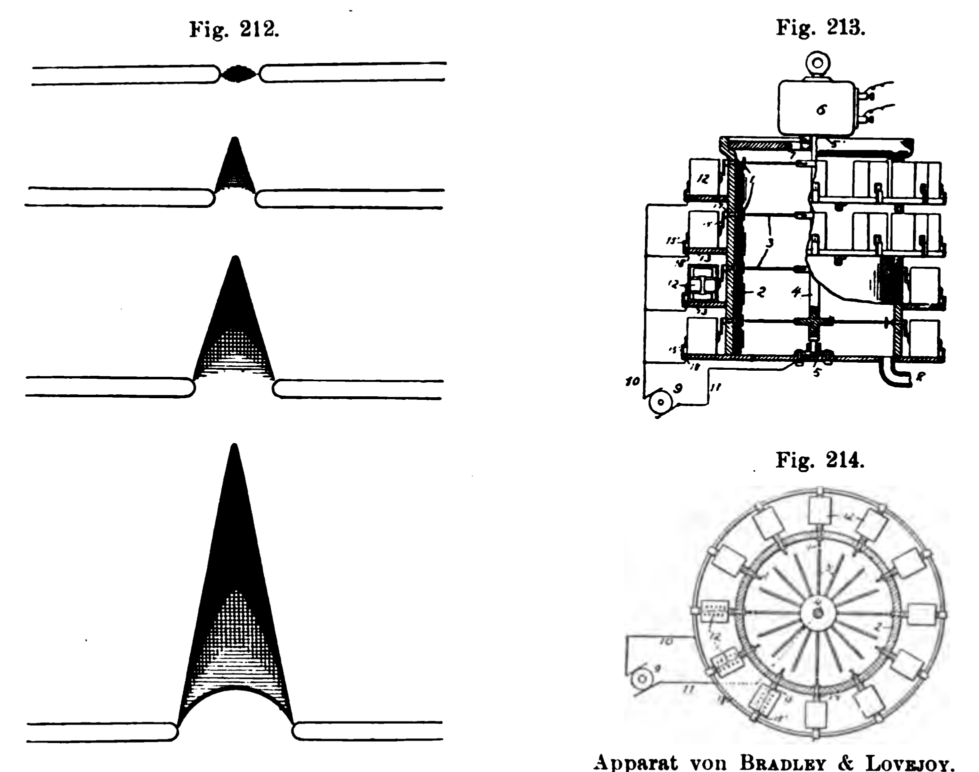


Fig. 212. Fig. 213. Fig. 214.

Apparat von BRADLEY & LOVEJOY.

berechtigt, derartige Anordnungen als elektrische Öfen zu bezeichnen und sie in den Rahmen des Handbuches einzubeziehen.[1])

Wenn auch prinzipiell bekannt war, daß elektrische Entladungen die Bildung von Stickstoff-Sauerstoff-Verbindungen aus der Atmosphäre ermöglichen, so ist man doch erst in den letzten Jahren an eingehendere, technische und theoretische Untersuchungen darüber herangetreten, welche Art und Form der elektrischen Entladungen für den beabsichtigenden Zweck am entsprechendsten ist. Eines der wichtigsten Resultate dieser Untersuchungen, von denen besonders die Arbeiten von MACDOUGALL und HOWLES, ferner von MUTHMANN und HOFER anzuführen sind, war die Erkenntnis, daß ein einfacher Lichtbogen für hochgespannten Wechselstrom kaum für eine technische Verarbeitung der Luft geeignet sein dürfte, da die auf die Krafteinheit entfaltende Ausbeute mit zunehmender Energie im Lichtbogen sinkt. BRODE[2]) hat diese Tatsache damit erklärt, daß von den beiden Zonen des

1) Näheres siehe FÖRSTER, Über die bisherigen technischen Versuche der Stickstoffverbrennung. Z. f. E. Ch. XII, 1906, p. 529.

2) Über die Oxydation des Stickstoffs in der Hochspannungsflamme 1905. Verlag W. Knapp, Halle a. S.

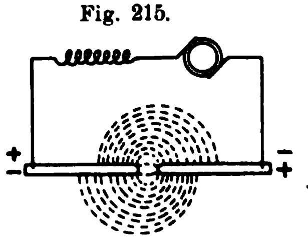
Lichtbogens mit zunehmender Elektrodenentfernung, also steigender Energie im Lichtbogen, die eigentliche Flammenbrücke, in welcher das Stickoxyd gebildet wird, gegenüber der glühenden Aureole stark zurücktritt. In Fig. 212 ist das Verhältnis der Aureole zum Lichtbogen für verschiedene Elektrodenentfernungen schematisch dargestellt. Die Temperatur in der Aureole ist noch immer genügend hoch, um einen Wiederzerfall des Stickoxyds zu verursachen.

Man griff daher zu mechanischen Mitteln, um scharf abgegrenzte, von keiner leuchtenden Aureole umgebene, dünne, funkenartige Entladungen von größerer Länge zu erhalten, und haben speziell BRADLEY und LOVEJOY, sowie die mit ihnen zusammenhängende Atmospheric Products Company nach dieser Richtung eine Reihe von Konstruktionen erdacht und auch in größeren Versuchsanlagen in Betrieb gesetzt.

Nachstehend sei die Beschreibung eines dieser, in Fig. 213 und 214 dargestellten Apparate wiedergegeben.

Der Apparat bestand aus einem etwa 1·5 m hohen und 1·2 m weiten, stehenden Zylinder, welcher an der Innenwand eine Anzahl von mit Platinspitzen besetzter Kränze enthielt. Die Achse des Zylinders wurde durch einen auf dem Deckel des Apparates angebrachten Elektromotor in Drehung versetzt und enthielt in 23 Ebenen, welche mit den am Innenmantel angebrachten platinbesetzten Kränzen zusammenfielen, eine Anzahl von dünnen Messingspeichen, welche an ihren Enden ebenfalls mit Platindrähten besetzt waren. Die Drahtspitzen der Innenwand waren mit dem negativen, die Achse und die von den Speichen getragenen Spitzen mit dem positiven Pol einer Gleichstrommaschine von 10000 bis 15000 Volt verbunden. Bei der Rotation der Achse mit den Speichen sprangen Funken über, sobald eine Speichenspitze einem feststehenden Platindraht bis auf etwa 3 mm nahe kam. Bei einer Entfernung der Spitzen von 10 bis 15 cm riß der Funken wieder ab. Inzwischen hatte sich aber die nächste Speichenspitze genähert, so daß wieder ein Funken entstand und abriß usw.

Fig. 215.



Stickstoffofen nach BIRKELAND & EYDE.

Vor jeder Platinspitze im Mantel war eine kleine Drosselspule geschaltet. Diese hatte den Zweck, bei dem plötzlichen Einschalten den Strom nicht zu stark werden zu lassen und beim Weiterdrehen der Achse das Abreißen der Funken zu verzögern. Bei 10000 Volt Betriebsspannung betrug die Stromstärke aller im Apparat gleichzeitig betätigter Funken etwa 1 Ampere, so daß, wenn nach HABERS Schätzung von den in der Sekunde möglichen 6900 Funkenstrecken etwa 300 gleichzeitig brennen, nur einige tausendstel Ampere auf die Funkenstrecke entfallen. Die Leistung von nur 10 KW pro Einheit eines gewiß nicht einfachen Apparates und die ungünstige Energieausnutzung gegenüber späteren, nach anderen Prinzipien arbeitenden Apparaten lassen diese Konstruktion heute als überholt erscheinen.

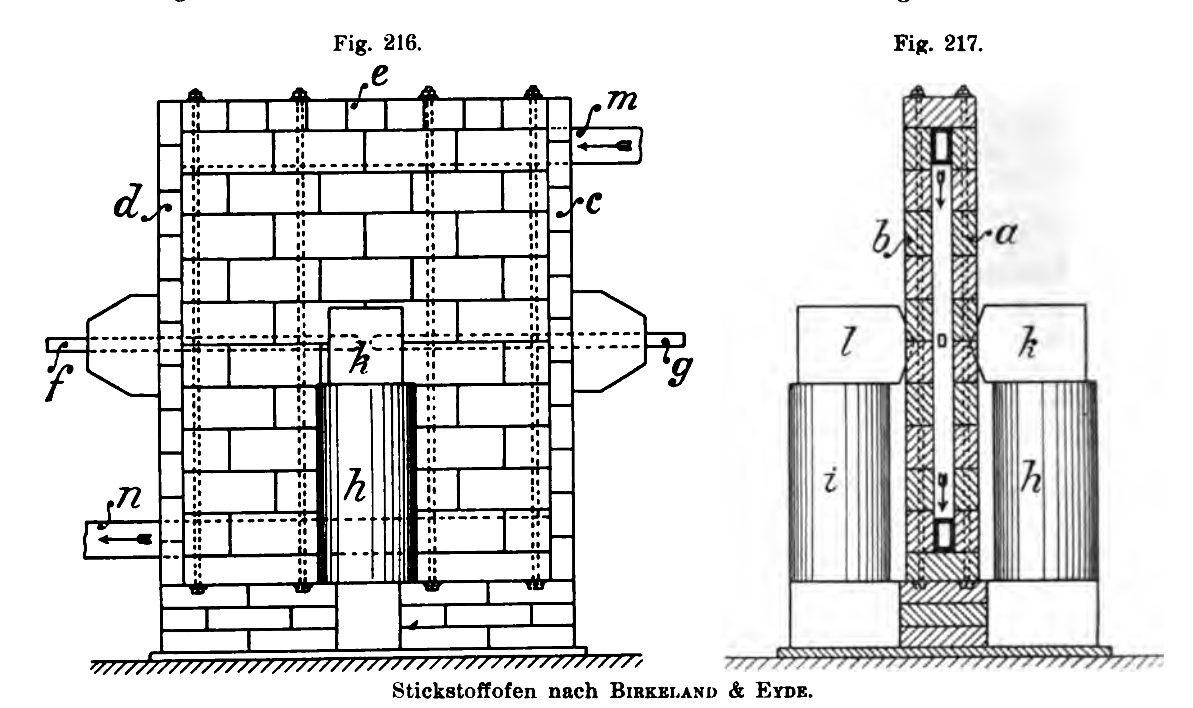
Auf andere Apparate, welche wie z. B. die von KOWALSKI ebenfalls die Unterteilung des Stromes zur Grundlage haben, brauchen wir hier nur zu verweisen.

Eine weitere Gruppe von Apparaten basiert auf einer Vergrößerung des Lichtbogens unter Benutzung des Prinzipes der Hörnerblitzableiter, also auf

wandernden Lichtbögen. Derartige Hörnerelektroden wandte z. B. die Atmosphaeric Products Co. bei ihren älteren Konstruktionen an, und die SIEMENS & HALSKE A.-G. hat derartige Anordnungen in größerem Versuchsbetrieb gehabt. In neuerer Zeit arbeitet PAULING nach einem ähnlichen Prinzip.

Die technisch günstigsten Resultate wurden bisher mit Öfen erzielt, bei welchen die Fläche des Lichtbogens mit Hilfe eines magnetischen Feldes vergrößert wurde. Das Ausbreiten eines Gleichstrom-Lichtbogens zu einer

Fig. 216. Fig. 217.



Stickstoffofen nach BIRKELAND & EYDE.

halbkreisförmigen Scheibe hat schon 1861 PLÜCKER[1]) näher studiert. Bei Wechselstrom entstehen zwei solche halbkreisförmige Scheiben, je eine oben und unten, welche je nach Phasenverschiebung des Wechselstroms entsprechend Fig. 215 gegeneinander etwas verschoben sind. Obwohl die Scheiben als kontinuierliche Lichterscheinung wirken, handelt es sich, wie man auch im Drehspiegel leicht erkennen kann, nicht um eine solche, sondern um rasch aufeinander folgende, durch den Magneten ausgeblasene Einzelentladungen.

Technische Versuche über die Anwendung von Blasmagneten für Zwecke der Stickstoffaktivierung hat die SIEMENS & HALSKE A.-G. schon vor einer Reihe von Jahren (1902) vorgenommen. Unbestritten sind aber BIRKELAND & EYDE die ersten gewesen, welche große Öfen dieses Prinzips bis zur technischen Brauchbarkeit ausgebildet haben.

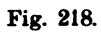
Das Prinzip eines solchen Ofens zur Stickstoffaktivierung nach BIRKELAND & EYDE ist in den Fig. 216 und 217 dargestellt.[2])

1) Pogg. Ann. **113**, p. 252.

2) NEUBURGER, Die Apparate zur Verwertung des Luftstickstoffs. Z. f. ang. Chemie **1906**, (XIX), p. 984.

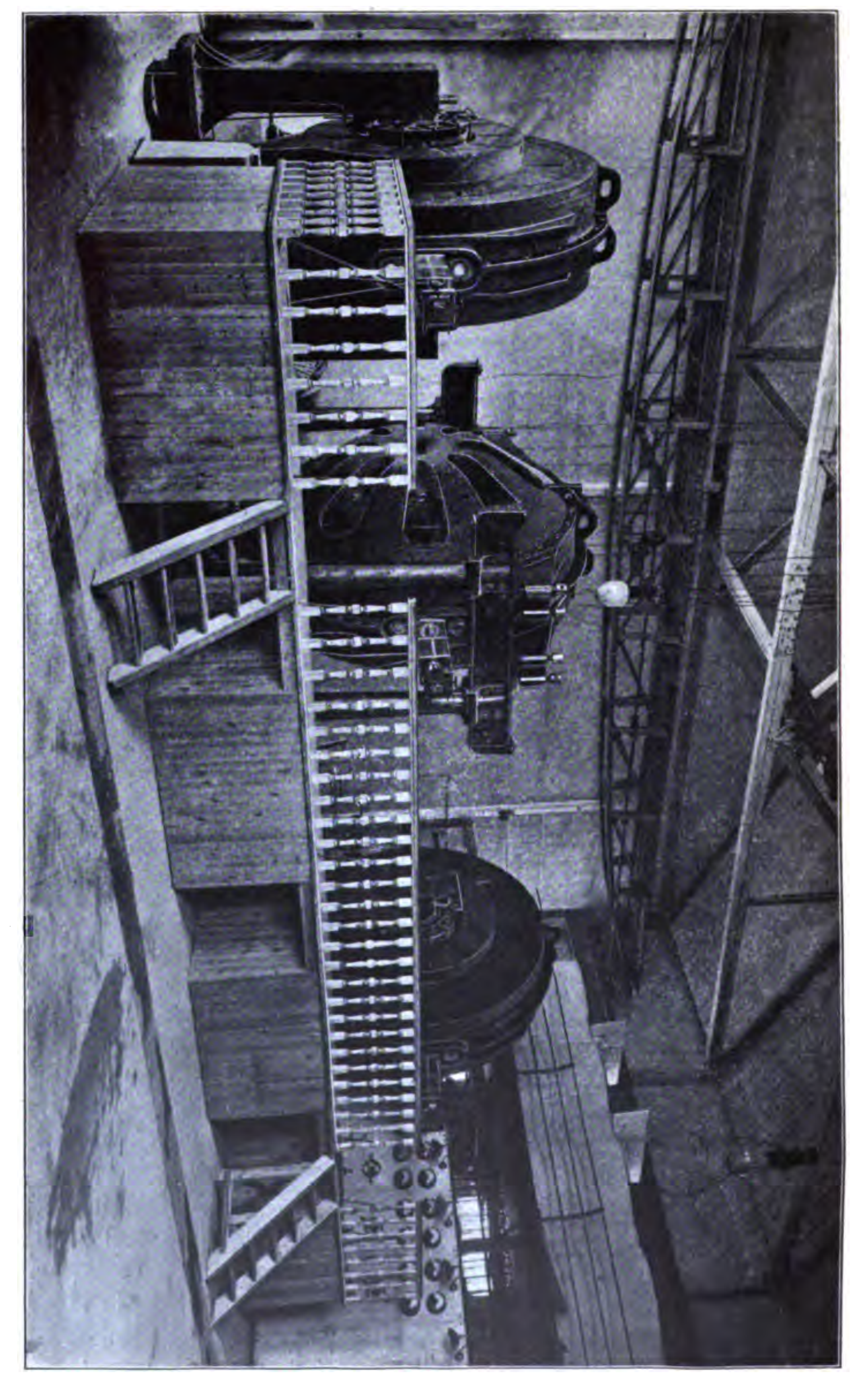
Zwei enge aneinandergerücke Mauerwände *a* und *b* bilden den engen Ofenraum, der an den Schmalseiten von den Wänden *c*, *d* und *e* abgeschlossen wird. Durch die Seitenwände *c* und *d* sind die Elektroden *f* und *g* eingeführt. Der zwischen diesen erzeugte Lichtbogen wird durch die beiden Elektro-

Fig. 218.



Großer Ofen, System Birkeland-Eyde, der Fabrik Notodden im Bau.

Fig. 219.



Inneres des Ofenhauses der Salpeterfabrik, System Birkeland-Eyde.

magnete *i* und *h*, deren Polschuhe *k l* sich in nächster Nähe befinden, ausgezogen und abgerissen. Die Elektroden werden mit Wasser gekühlt. Durch das Rohr *m* wird die Luft zugeführt, durch *n* das Gemisch von Stickoxyd und unveränderter Luft abgeleitet. Dieser schematischen Anordnung entsprachen auch die bei der Ausarbeitung des Verfahrens benutzten Versuchsapparate.

Die Einrichtung der Öfen für industriellen Betrieb ist eine ähnliche. WITT[1]) macht darüber nachstehende Angaben: Die Öfen, von denen Fig. 218 einen während des Baues zeigt, wurden in Einheiten von je 500 KW für 5000 Volt Wechselstrom errichtet. Als Elektroden dienen wassergekühlte Kupferrohre. Der Elektromagnet beansprucht an Gleichstrom etwa 10 % der Ofenenergie und erweitert den Lichtbogen zu einer Flammenscheibe von rund 2 m Durchmesser. Durch jeden Ofen gehen 25 cbm Luft pro Minute, die 2 % Stickoxyd aufnimmt. In Fig. 219 sind drei Öfen dargestellt, die in Notodden mit 1500 KW, die von einem Falle des Tin-Elf geliefert sind, betrieben werden.

THORESEN und THARALDSEN haben anstelle des von BIRKELAND und EYDE verwendeten, unveränderlichen ein wanderndes magnetisches Feld vorgeschlagen, doch hat diese Anordnung noch keine industrielle Anwendung gefunden.

---

1) WITT, Das neue technisch-chemische Institut der Kgl. technischen Hochschule zu Berlin und die Feier seiner Eröffnung. Berlin, Verlag Weidemann.

Benutzte Literatur.

(Die aus Zeitschriften benutzten Einzelveröffentlichungen sind in den Fußnoten im Text angeführt.)

BORCHERS, W., Entwickelung, Bau und Betrieb der elektrischen Öfen. 1897. W. Knapp, Halle a. S.

—, Die Elektrochemie auf der Pariser Weltausstellung. 1900. W. Knapp, Halle a. S.

—, Elektro-Metallurgie, III. Auflage. 1903. S. Hirzel, Leipzig.

—, Die elektrischen Öfen. 1907. W. Knapp, Halle a. S.

DOWSING, H. J., Electric Heating and Cooking. The Electrician Primers Nr. 73.

ENGELHARDT, V., Monographien über angewandte Elektrochemie. W. Knapp, Halle a. S. Bd. XIII. FITZ-GERALD, Carborundum. 1904. Bd. XV. FITZ-GERALD, künstlicher Graphit. 1904.

FODOR, E. DE, Die elektrische Schweißung und Lötung. 1892. Hartleben, Wien-Leipzig.

HEEPKE, W., Die elektrische Raumheizung. 1904. C. Marhold, Halle a. S.

HOPPE, E., Geschichte der Elektrizität. 1884.

KOHLRAUSCH, F., Die Energie der Arbeit und die Anwendungen des elektrischen Stromes. 1900.

LEHMANN, O., Die elektrischen Lichterscheinungen oder Entladungen. 1898.

MOISSAN, H., Le four électrique.

NETOLICZKA, E., Geschichte der Elektrizität. 1886.

THOMSON, E., Electric Welding Development. Cassiers Magazine 1904.

UPPENBORN, J., Deutscher Kalender für Elektrotechniker. 1907. Oldenburg, München.

VOIGT, H., Kochen und Heizen mittels des elektrischen Stromes. 1899. W. Knapp, Halle a. S.

WALLIS-JONES, R. J., Electric Welding; the Electrician Primers Nr. 74.

WIEDEMANN, G., Die Lehre von der Elektrizität. 1884.

WILLIAMS, H., Das elektrische Heizen und Kochen. 1902. Jügelt, Auma.

Namenverzeichnis.

Die elektrische Minenzündung

bearbeitet

von

Dr.-Ing. K. Hohage.

1. Einführende Bemerkungen aus der allgemeinen Sprengtechnik.

Sprengungen dienen dazu, große oder schwer abtrennbare Massen loszulösen oder zu lockern, sie zu zerstören oder das Wegräumen derselben zu erleichtern. Man bedient sich ihrer dementsprechend in Steinbrüchen, Bergwerken, beim Kanal-, Tunnel- und Eisenbahnbau, zur Flußregulierung, Beseitigung von Eisstauungen, für militärische Maßnahmeu usw. Auch werden sie ausgeführt, um den Erdboden für Kulturzwecke locker zu machen und so eine leichtere Bearbeitung desselben zu ermöglichen. Sprengungen.

Die zu den Sprengungen erforderliche bedeutende Kraftleistung wird von Stoffen aufgebracht, welche die Fähigkeit haben zu explodieren, d. h. unter plötzlicher Veränderung ihrer chemischen Bestandteile erhebliche, bis dahin gebundene Energiemengen abzugeben. Solche Stoffe werden entweder an der Oberfläche oder in Vertiefungen des zu sprengenden Objekts zur Explosion gebracht; dabei werden in sehr kurzer Zeit große Mengen stark erhitzter Gase entwickelt, durch deren Spannkraft ungeheure Drucke auf die benachbarten Körper ausgeübt werden. Die Temperatur dieser Gase, die sog. Explosionstemperatur des Sprengstoffes, beträgt je nach der Art desselben ungefähr 2000° bis 3000° C. Je größer die entwickelte Gasmenge und ihre Temperatur ist, und je rascher die Explosion der ganzen Sprengmasse vor sich geht, desto höher ist der entstehende Gasdruck, und damit die Wirkung des Sprengstoffes.

Die gebräuchlichen Sprengstoffe unterscheidet man gewöhnlich in langsam explodierende (Pulverarten) und brisante (Dynamite). Sprengstoffe.

Von den ersteren kommt hauptsächlich das Schwarzpulver in Frage. Es besteht aus Holzkohle, Schwefel und Kalisalpeter, welche Substanzen im ungefähren Verhältnis 15 : 15 : 70 % darin enthalten sind. Die Sprengkraft des Pulvers wächst mit seinem Salpetergehalt, sie nimmt bis zum völligen Versagen mit dem Gehalt an Feuchtigkeit ab, weshalb auf trockene Lagerung, sowohl vor als während der Verwendung zu achten ist; in nassem Gestein verbietet sich der Gebrauch von Schwarzpulver ohne weiteres. Die Explosion der langsam explodierenden Sprengstoffe erfolgt, wenn ihre Entzündungstemperatur, bei Schwarzpulver 315° C erreicht wird, und die an einer Stelle eingeleitete Explosion überträgt sich durch die Verbrennung und die damit erzeugte Wärme auf die übrigen Teile des Sprengstoffes. Die Geschwindigkeit dieser Übertragung ist abhängig von dem Druck, unter welchem die sich im Augenblicke der Explosion entwickelnden Gase stehen. So kann man es erreichen, daß die Explosion fast bis zur normalen Verbrennung verlangsamt wird, wenn man nur das Pulver in genügend dünner Schicht an freier Luft entzündet, da dann ein wesentlich größerer Druck als der atmosphärische nicht entstehen kann. Wenn Pulver zu Sprengungen benutzt wird, so ist daher ein guter Abschluß der Sprengladung gegen die äußere Atmosphäre erforderlich. Auch in diesem Falle ist jedoch seine Verwen-

13*

dung in sehr weichem Gestein unvorteilhaft, da die Sprengkraft des Pulvers hier nicht zur vollen Geltung kommen kann. Infolge der langsamen Verbrennung ist nämlich ein Teil der Pulverladung noch unversehrt, wenn das Gestein sich schon zu lösen beginnt, so daß die entstehenden Explosionsgase eine wirkungsvolle Spannung nicht mehr erreichen können. In klüftigem Gestein ist Pulver überhaupt nicht verwendbar.

Das Pulver kommt in verschiedenen Korngrößen in den Handel. Feinkörniges Pulver verbrennt schneller als grobkörniges, man hat demnach auch in der Körnung ein Mittel in der Hand, die Explosionsgeschwindigkeit zu beeinflussen. Meistens wird das Pulver in Formen gepreßt, und so verwendet, da die Sprengungen mit losem Pulver gefährlich sind.

Völlig verschieden von den Pulverarten verhalten sich bei der Explosion die brisanten Sprengstoffe. Bei diesen geschieht die Übertragung und Fortpflanzung der Explosion von einem Partikelchen auf das benachbarte durch eine Art Wellenbewegung, etwa, indem die explodierenden Moleküle einen Stoß auf die anderen ausüben, sie zum Mitschwingen veranlassen und so zur Explosion bringen, welche man in diesem Falle als Detonation bezeichnet. Die Übertragung kann unter Umständen sogar von einem explosiven Körper auf einen anderen räumlich ganz davon getrennten erfolgen. So detoniert z. B. der an einem Ende eines Rohres angebrachte Sprengstoff, wenn an dem anderen Ende ein solcher zur Explosion gebracht wird, indem das Rohr die entstehenden Explosionswellen auf den ersteren Sprengstoff überträgt. Die Geschwindigkeit der Übertragung ist sehr groß, sie beträgt einige 1000 m in der Sekunde. Die Wirkung einer Detonation ist daher eine bei weiten heftigere als die einer Explosion der Pulverarten. Sehr stark brisante Sprengstoffe sind jedoch nicht überall vorteilhaft, da sie auf eine allzugroße Zertrümmerung und Lockerung des Gefüges der zu sprengenden Masse hinarbeiten, was manchmal unerwünscht ist.

Von den brisanten Sprengstoffen wird hauptsächlich das Dynamit mit seinen verschiedenen Abarten angewendet. Das Dynamit, eine weiche. plastische Masse, wird hergestellt, indem man Nitroglyzerin von saugfähigen Stoffen, wie Kieselgur, Cellulose etc. aufsaugen läßt. Nitroglyzerin entsteht durch Einwirkung von Salpetersäure auf Glyzerin. Man versetzt den Sprengstoff oft noch mit wirksamen Beimischungen, wodurch die Sprengkraft vergrößert wird. Dynamit entzündet sich bei 200 ° C und verbrennt dann, ohne daß es notwendigerweise zur Explosion kommt. Erst wenn infolge der Verbrennung eine gleichzeitige Steigerung des Druckes erfolgt, kann die Entflammung zur Explosion führen. Ist das letztere nicht der Fall so spricht man von „Auskochen" des Schusses. Durch ein teilweises Auskochen und nachfolgende Detonation unter Drucksteigerung entstehen die sog. Spätschüsse, welche häufig Anlaß zu Unglücksfällen geben. da sie erfolgen, wenn das Schießpersonal sich dem Sprengort bereits wieder genähert hat. Ein Übelstand des Dynamits ist seine Gefrierbarkeit. In gefrorenem Zustande büßt es einen großen Teil seiner Sprengfähigkeit ein und ist schwerer zur Explosion zu bringen. Gegen Feuchtigkeit ist es dagegen weniger empfindlich als Pulver.

Alle Sorten von Dynamit kommen in Patronenform mit Hülsen aus Pergamentpapier in den Handel.

Sprengkapseln. Während bei den Pulverarten ein einfaches Anzünden durch Erwärmung oder Zündfeuer die Explosion einleitet, bedarf das Dynamit hierzu der Ver-

mittelung der sog. Sprengkapseln, weshalb man das Dynamit auch als „indirekt explodierbaren“ Sprengstoff bezeichnet. Die in den Sprengstoff eingebrachten Sprengkapseln explodieren unter der Einwirkung des Zündfeuers und übertragen die Explosion durch die damit verbundene Erzeugung von Wärme, Stoß und Schwingungen auf denselben. Die Sprengkapseln bestehen meistens aus einer zylindrischen Kupferhülse von 5—7 mm Durchmesser, welche mit einer Mischung von 85 % Knallquecksilber und 15 % chlorsaurem Kali gefüllt ist. Diese Mischung zeichnet sich durch große Detonationsgeschwindigkeit und hohe Explosionstemperatur aus und explodiert bereits bei 186° C. Der Gewichtssatz der Füllung richtet sich nach der Art und Menge des Sprengstoffes; es werden demzufolge 10 verschiedene Größen von Sprengkapseln hergestellt:

Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Füllung g:	0·3	0·4	0·54	0·65	0·8	1·0	1·5	2·0	2·5	3·0

Für die Dynamitsprengstoffe kommen die Sprengkapseln Nr. 3 und 5 vorzugsweise zur Verwendung, und zwar für Gurdynamit, Gelatinedynamit und Gummidynamit Nr. 3, für Sprenggelatine und Gelignit Nr. 5. Die sogenannten Sicherheitssprengstoffe benötigen im allgemeinen infolge ihrer schweren Entzündbarkeit größere Sprengkapseln. Das hierzu gehörige Dynammon sowie Karbonite und wettersichere Gelatinedynamite sind mit Kapseln Nr. 6 zu entzünden. Wetterdynamon, Dahmenit und Roburit erfordern Sprengkapseln Nr. 8.

Die Sprengkapseln werden an dem Körper, welcher die Zündflamme erzeugt, so befestigt, daß sie fest an ihm haften und mit Sicherheit zur Explosion gebracht werden können; sie müssen dabei mit Vorsicht behandelt werden, besonders ist jeder Stoß oder Druck auf den Knallsatz zu vermeiden.

Zündmethoden.

Bei allen Sprengmitteln ist die Erzeugung einer Zündflamme notwendig, welche an einer oder mehreren Stellen der Ladung die Explosion einleitet, indem sie den Sprengstoff oder die Sprengkapsel auf die Zündtemperatur bringt. Gleichzeitig erfordert es die Sicherheit des Schießpersonals, entweder, Zündmittel zu verwenden, bei denen zwischen der Einleitung der Zündung am Sprengort und der Explosion selbst eine Verzögerung eintritt, so daß es dem Schießpersonal ermöglicht wird sich in Sicherheit zu bringen, oder aber die Zündung aus großer Entfernung vom Sprengort zu bewirken und hierfür zweckentsprechende Zünder vorzusehen.

Zu den Zündungsarten der ersten Gattung gehören die Halm- und die Schnurzündung. Bei der Halmzündung, welche nur bei Pulverladungen angewendet wird, benutzt man mit Pulver gefüllte Strohhalme oder Papierröhrchen, deren Ende in die Ladung hineinreicht. An dem anderen Ende wird ein Schwefelfaden oder ein Zündschwamm befestigt, durch dessen langsames Abbrennen bis zum Halm die Zündung die notwendige Verzögerung erleidet. Bei weitem häufiger findet sich die Schnurzündung. Die Zündschnur enthält eine mit imprägniertem Garn umsponnene Pulverseele. Für Arbeiten in nassem Gestein besteht der äußere Überzug aus Guttapercha, in Gruben mit Schlagwettern macht man die Umspinnung unverbrennlich, damit die Flamme nicht seitlich austreten kann. Die Zeitdauer, in welcher die an einem Ende entzündete Schnur abbrennt beträgt pro cm Länge etwa 1 sec.

Zu den Zündmethoden der zweiten Gattung gehören außer der näher zu behandelnden elektrischen Zündung die sog. Abziehzündungen, bei welchen durch Zug an einem Draht oder Strick in besonders konstruierten Zündern

vermittels Reibung oder Schlag die zur Einleitung der Explosion benötigte Energie entwickelt wird.

Spreng-arbeit. Zur Aufnahme des mit dem Zünder versehenen Sprengstoffes in dem zu sprengenden Objekt können natürliche Spalte desselben (Lassen) benutzt werden, welche eventuell durch mehrfaches vorheriges Abschießen so erweitert werden, daß sie den nötigen Rauminhalt zur Unterbringung der Ladung bekommen, ein Verfahren, welches in Steinbrüchen häufig Verwendung findet. Die Zündung wird hierbei manchmal an verschiedenen Stellen des Sprengstoffes gleichzeitig bewirkt. Meistens dienen jedoch besondere, durch Handbetrieb mit Bohrstangen oder mittels Gesteinsbohrmaschinen in das Objekt eingetriebene Bohrlöcher, welche je nach den Umständen bis zu einigen Meter Tiefe gehen, zur Aufnahme der Ladung. Bei Verwendung von losem Pulver, das mit einem hölzernen Ladestock in das Bohrloch gepreßt wird, verlegt man die Zündstelle am besten in die Mitte der Ladung, damit eine schnellere Fortpflanzung der Explosion erzielt wird. Bei den Prismen von komprimiertem Pulver

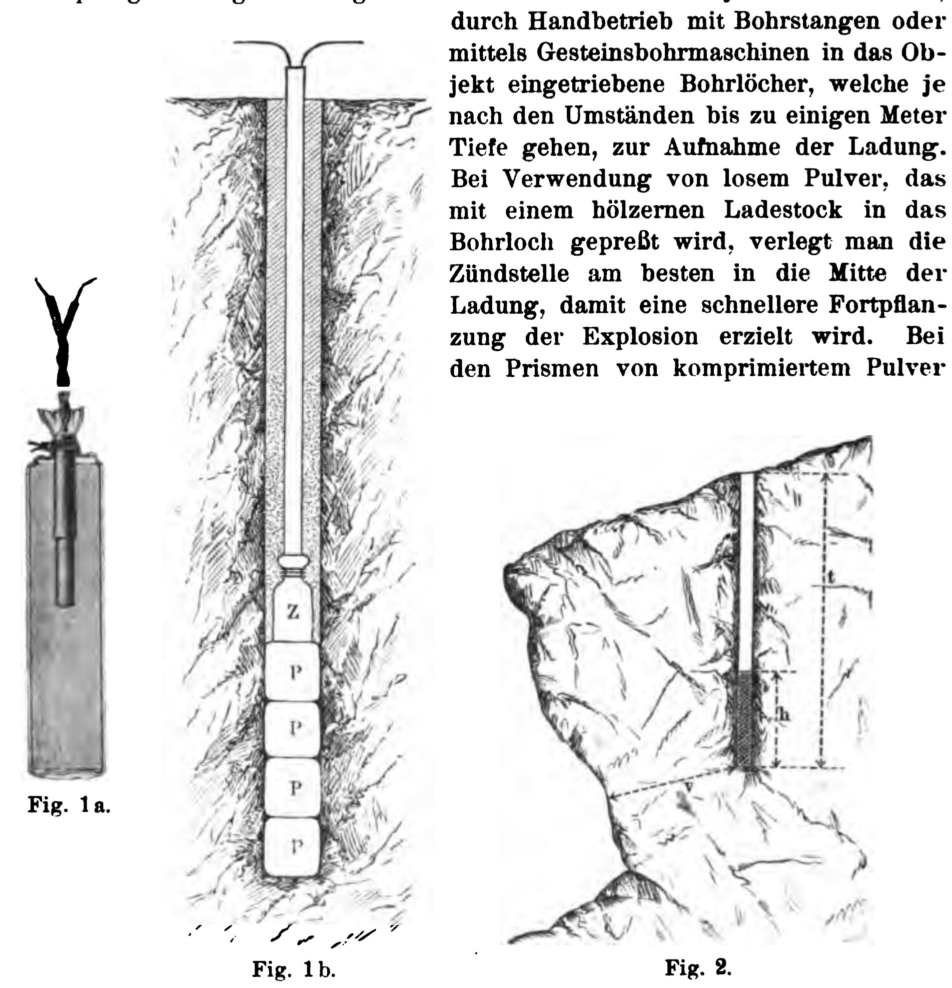


Fig. 1a. Fig. 1b. Fig. 2.

und den Dynamitpatronen, welche in der erforderlichen Anzahl übereinander geschichtet werden, ist diese Maßnahme unnötig. Bei Dynamit wird in die letzteingebrachte Patrone, die sog. Zünd- oder Aufsatzpatrone *Z* (Fig. 1b) die am Zünder befestigte Sprengkapsel eingebracht, indem man den Papierrand ihrer Hülse aufbiegt, in die Dynamitmasse mittels eines Holzstäbchens ein Loch bohrt und die Kapsel hineinsteckt (Fig. 1a). Die Papierhülse wird dann oberhalb der Sprengkapsel wieder zugebunden. Auf die Ladung wird zunächst Sand, Erde etc., der sog. lose Besatz, aufgeschüttet, und darüber das Bohrloch mit ähnlichem Material fest zugestampft (fester Besatz) wobei auf

Schonung der durch den Besatz hindurchgehenden Zündschnur bzw. der Zünderdrähte Bedacht genommen werden muß. Auch Wasser kann als Besatz verwendet werden (nasser Besatz).

Die Richtung, die Tiefe t und Ladungsmenge h der Bohrlöcher, und ihr Abstand von der freien Fläche des Sprengobjekts, die sog. Vorgabe v. (Fig. 2) wird so gewählt, daß eine möglichst große und günstige Sprengwirkung eintritt. Bei gleichzeitiger Zündung mehrerer Schüsse wird ein größerer Effekt erzielt, als wenn jeder Schuß für sich zu verschiedenen Zeiten zur Explosion gebracht würde. Von besonderem Vorteil ist eine gleichzeitige Zündung in Werksteinbrüchen, weil man es dadurch in der Hand hat, bei zweckmäßiger Anordnung der Bohrlöcher beliebig große Gesteinsmassen von bestimmter Form abzusprengen. Auch erreicht man durch die Mehrfachzündung eine geringere Zerkleinerung des Materials. Andererseits kann es von Nutzen sein, die Schüsse in ganz bestimmter Reihenfolge kommen zu lassen, z. B. wenn man sich durch Abzählen überzeugen will, ob alle Ladungen explodiert sind, oder wenn ein Schuß für den andern die Vorgabe frei machen soll.

2. Geschichtliches.

Der Gedanke, die zur Entzündung eines Stoffes erforderliche Temperatur nicht durch direkte Wärmeübertragung, sondern auf elektrischem Wege zu erzielen, wurde im Jahre 1744 von Ludolf verwirklicht, indem derselbe bei Eröffnung der Berliner Akademie der Wissenschaften Schwefeläther durch den elektrischen Funken zur Entflammung brachte. Daß diese, später von Winkler, Kinnersley u. a. verallgemeinerte Methode besonders geeignet sei zur Entzündung von explosiven Stoffen aus der Entfernung, hob schon im Jahre 1805 Gillot in seiner Abhandlung „Traité de la guerre souterraine“ hervor. Auf wirkliche Sprengstoffe wurde dann die elektrische Zündart durch Snow Harris angewendet, welcher im Jahre 1823 Schießpulver durch die Elektrisiermaschine zur Explosion brachte; ausgedehntere technische Verwendung fand sie bereits durch Shaw um das Jahr 1830 beim Sprengen großer Felsmassen im Hafen von New York. In demselben Jahre machte Hare im Gegensatz zu diesen ersten Ausführungen der Funkenzündung Gebrauch von der Glühwirkung dünner Metalldrähtchen zum Zünden, und benutzte gleichzeitig als Stromquelle galvanische Elemente. Die Zündung über eine längere Leitung wurde im Jahre 1845 von Winter erprobt, welcher mit der Elektrisiermaschine unter Benutzung einer 5 km langen Telegraphenleitung noch eine Zündwirkung erzielte. Für militärische Zwecke wurde die elektrische Minenzündung im Jahre 1848 durch W. von Siemens bei der Verteidigung des Kieler Hafens gegen die Dänen herangezogen. Im Jahre 1852 baute v. Ebner die erste speziell für Minenzündung bestimmte Elektrisiermaschine, während Verdu im Jahre 1853 den von Ruhmkorff kurz vorher angegebenen Induktionsapparat mit Erfolg zum Zünden verwendete. Im Jahre 1867 konstruierte dann W. v. Siemens die zuerst für Minenzündzwecke bestimmte dynamoelektrische Maschine, nachdem er bereits vorher die Magnetinduktoren durch Einbau des Doppel-T-Ankers verbessert und dadurch technisch brauchbarer gemacht hatte. Als bemerkenswert auf diesem Gebiet sei noch erwähnt, daß nach Verlegung des ersten unterseeischen Kabels von Frankreich nach England durch den Kanal eine an der eng-

lischen Küste aufgestellte, mit Glühzünder versehene Kanone von der französichen Seite aus durch eine galvanische Batterie abgefeuert wurde. Eine der großartigsten Anwendungen der elektrischen Zündung war ferner die im Jahre 1876 erfolgte Sprengung des Hellgatefelsens an der nördlichen Einfahrt des Hafens von New York. Es wurden hierbei 3680 Minen, welche zu je 160 in einem Stromkreise zusammengeschaltet waren, durch 23 große galvanische Batterien gleichzeitig gezündet. Jede Batterie bestand aus 40 Chromsäureelementen und lieferte den Strom für 8 parallel geschaltete Zünderreihen von je 20 hintereinandergeschalteten Zündern. Durch einen besonderen Einschalter wurden die Batterien gleichzeitig betätigt.

Eine allgemeinere Verwendung der elektrischen Zündung in der Technik trat jedoch erst ein, als man mit der Zunahme der Sprengungen überhaupt, auf die Vermeidung mancher sich dabei ergebenden Übelstände Bedacht zu nehmen gezwungen wurde, und die Vorzüge der elektrischen Zündung gegenüber den anderen Methoden mehr zu würdigen anfing. Seit dieser Zeit ist die Verwendung der Zündart eine erheblich größere geworden, und die Ausbildung der Apparate und Zubehörteile ist Hand in Hand damit fortgeschritten.

Eine betriebsfertige elektrische Zündanlage setzt sich im wesentlichen zusammen aus dem eigentlichen Zünder, der Stromzuführungsleitung und der Stromquelle.

3. Die elektrischen Zünder.

Bestandteile der elektrischen Zünder.

Die elektrischen Zünder (Fig. 3) bestehen durchweg aus einer Papier- oder Messinghülse *R*, welche die Zündstrecke *D* und den Zündsatz *A* enthält. Die Zuleitungsdrähte *Z* werden von der einen Seite isoliert in die Hülse eingeführt und hier durch eine Gußmasse *M* von Kitt, Gips, Schwefel, Gummi, Guttapercha, Zement oder ähnlichen Stoffen festgehalten, wodurch gleichzeitig ein dichter Abschluß der Hülse nach außen bewirkt wird. Innerhalb der letzteren enden die Zuleitungen in der Zündstrecke, welche je nach der Art der Zünder verschieden ausgebildet sein kann. Die in der Zündstrecke durch den elektrischen Strom erzeugte Wärme wird nicht direkt auf die Ladung bzw. Sprengkapsel übertragen, sondern mittels eines besonderen Zündsatzes *A*, welcher die Zündstrecke dicht umgibt und durch sie zur Entflammung gebracht wird; derselbe entwickelt dabei eine Stichflamme, welche imstande ist, kleine Zwischenräume zwischen Zünder und zu zündendem Sprengstoff zu überbrücken; man hat festgestellt, daß sogar bei Vorhandensein von Fremdkörpern, wie Sägemehl etc. bis zur Dicke von 7 mm, zwischen Zünder und Sprengkapsel auf diese Weise eine Zündwirkung noch zu erzielen war. Der Zündsatz ist notwendig, weil beim Laden nicht allzu peinlich darauf geachtet werden kann, daß Zünder und Sprengmittel in unmittelbare Berührung treten; auch ist grobkörniges Pulver ohne seine Vermittelung schwer zu zünden. Der Zündsatz selbst kann bei der Fabrikation mit der Zündstrecke leicht in innige Verbindung gebracht werden.

Die mittels Gußmasse gegen Eindringen von Feuchtigkeit in den Zündsatz, und gegen Beschädigung durch unvorsichtige Behandlung abgeschlossenen Zünder können ohne weiteres zum Zünden von Pulverladungen benutzt

werden. Sollen die Zünder bei Dynamit Anwendung finden, so werden sie in eine Sprengkapsel eingesetzt, deren Füllung in diesem Falle nur einen Teil der Hülse einnimmt, so daß der überstehende Rand den Zünder umfaßt (Fig. 4). Häufiger findet man die umgekehrte Anordnung, bei welcher der Zünder selbst einen derartigen überstehenden Rand besitzt, in den die Sprengkapsel eingeschoben wird (Fig. 18 Seite 208). Bis zum Gebrauch ist der Zünder dann für gewöhnlich mit einem paraffinierten Kork geschlossen. Es werden auch Zünder gefertigt, welche mit der Sprengkapsel in einer Hülse untrennbar verbunden sind (Fig. 10 Seite 207), doch haben die vorerwähnten Zünder den letzteren gegenüber den Vorteil größerer Sicherheit; auch können sie als gewöhnliches Gut verpackt und verfrachtet werden und unterliegen nicht der für Sprengstoffe geltenden Gesetzesvorschrift; endlich lassen sie sich vor dem Gebrauch gefahrloser prüfen.

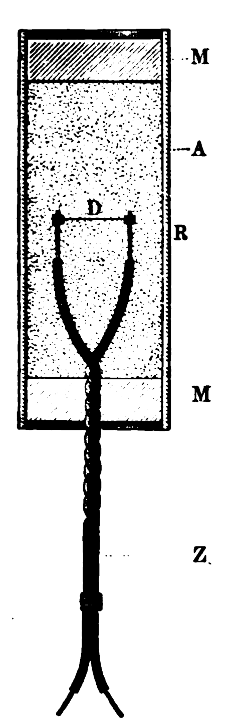
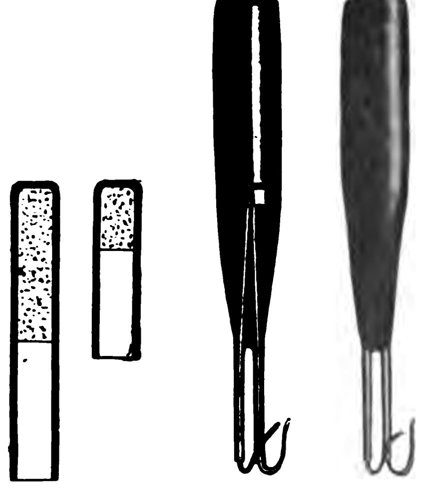


Fig. 3.

Wenn die Zünder für unterseeische Zwecke und bei Arbeiten in sehr nassem Gestein benutzt werden erhalten die Zünderhülsen noch eine wasserdichte Umpressung aus Gummi oder Guttapercha (Fig. 5); ein einfacher Schutz kann auch durch Umwickeln mit Isolierband erzielt werden.

Zeitzünder.

Eine besondere Art der Zünder bilden die Zeitzünder, bei deren Verwendung die Explosion der Ladung nicht sofort nach der Zündung eintritt, sondern erst nach Verlauf einer gewissen Zeit. Die Verzögerung wird durch ein zwischen Zündsatz und Sprengkapsel angeordnetes Stück Zündschnur erzielt, dessen Länge die Dauer der Verzögerung bestimmt. Da diese Zünder oft mit schneller explodierenden zusammen benutzt werden, so muß die Zünderhülse nach erfolgter Zündung sich leicht von der Zündschnur lösen, damit die letztere im Bohrloch verbleibt, wenn durch die zuerst explodierenden Ladungen die Zuleitungen herausgerissen werden. Auch muß für freien Abzug der Brenngase gesorgt sein, damit die Zündschnur sicher brennt. Zeitzünder dürfen nicht zusammen mit gewöhnlichen Zündern abgefeuert werden, da sonst die Zündschnur der ersteren keine Zeit zum Anbrennen hat, sondern durch die vorher losgehenden Schüsse vorzeitig vom Zünder getrennt wird. Daher gibt man auch dem Zünder, welcher als erster betätigt werden soll, durch Anbringung eines Stückchens Zündschnur eine kleine Verzögerung.


Fig. 4. Fig. 5.

Widerstand der Zünder, Zünderarten.

Die elektrische Energie, welche zur Erzeugung einer gewissen, der Zündmasse mitzuteilenden Wärmemenge W notwendig ist, berechnet sich, unter Vernachlässigung aller Verluste nach der Beziehung

$$W = 0{\cdot}24\, J^2 \cdot R \cdot T \cdot \text{gr. Cal.}$$

wenn J den die Zündstrecke vom Widerstand R in der Zeit T durchfließenden Strom bezeichnet. Die sekundlich zugeführte Wärme $\frac{W}{T}$ ist abhängig von dem Wert $J^2 R$, man kann also den gleichen Wärmeeffekt mit Zündern der verschiedensten Widerstände erzielen, wenn nur die Stärke des durchfließenden Stromes der Gleichung $J^2 R = \text{const.}$ entspricht. Der Widerstand der Zünder wird lediglich bestimmend sein auf die Wahl der anzuwendenden Stromquelle, deren Spannung so groß sein muß, daß der Strom die vom Zünder benötigte Stärke erreicht. Wirklich variiert der Widerstand der gebräuchlichen Zünder und damit die Art ihrer Betätigung bedeutend; man teilt sie nach diesem Gesichtspunkt, jedoch ohne damit eine scharfe Grenze zwischen den ersten drei Gruppen ziehen zu können, ein in:

	Widerstand Ω	Benötigter Strom Amp.	Benötigte Spannung pro Zünder, Volt
1. Funkenzünder	Über 1 000 000		3000
2. Spaltfunkenzünder	100 000—3000	0·0002—0·002	100—30
3. Spaltglühzünder	500—20	0·01—0·1	10—6
4. Brückenglühzünder	1·2—0·5	0·5—0·8	2—0·5

Bei den Funkenzündern erfolgt der elektrische Ausgleich in der Zündstrecke durch einen Funken, der bei Erreichung der Überschlagspannung, im Zwischenraum zwischen den beiden Enden der Zuleitungsdrähte übergeht. Hierbei setzt sich allerdings die elektrische Energie nicht allein infolge des Widerstandes der Funkenstrecke in Wärme um, sondern auch z. T. in die mechanische Form von Stoß, Schlag und Schwingungen, welche die Zündwirkung der Wärme vorteilhaft unterstützen, doch ist der Anteil der Wärme der überwiegende, da die Temperatur des elektrischen Funkens auf 10 000 bis 15 000° C berechnet worden ist.

Einen geringeren Widerstand der Zünder erzielt man, wenn man den Zwischenraum zwischen den Enden der Zuleitungen mit einem den Strom leitenden Material ausfüllt. Sehr häufig wird dazu der Zündsatz selbst benutzt, welchem man durch mancherlei Beimengungen eine gewisse elektrische Leitfähigkeit gibt. Während sich in den Spaltfunkenzündern bei geringem Zusatz dieser Stoff ein Wärmeeffekt dadurch einstellt, daß zwischen den einzelnen Partikelchen kleine Funken überspringen, wird bei den Spaltglühzündern die Erwärmung des Zündsatzes durch Erglühen des in größerer Menge zugesetzten leitenden Materials herbeigeführt. Die Brückenglühzünder, auch schlechthin Glühzünder genannt, enthalten einen zwischen den Enden der Zuleitungen ausgespannten metallischen Draht von geringer Stärke, welcher durch den Strom zum Erglühen gebracht, eine Temperatur von annähernd 1000° C erreicht.

Der Widerstand eines Zünders ist keine konstante Größe, sondern ändert sich mit der Erwärmung des Zünders bedeutend. Auf diesen Umstand muß bei der Rechnung mit den Widerstandswerten Rücksicht genommen werden. Am besten noch läßt sich die Widerstandszunahme bei Glühzündern berücksichtigen; eine Kurve derselben, abhängig vom Strom zeigt Fig. 6. Ver-

schiedenheiten des Widerstandes sind auch unter Zündern gleicher Konstruktion nicht zu vermeiden, dürfen jedoch eine gewisse Grenze nicht überschreiten, da sonst bei gleichzeitiger Verwendung mehrerer Zünder Unzuträglichkeiten entstehen können.

Benötigter Effekt. Wärmeableitung

Die Wärmemenge $W = 0{\cdot}24\, J^2 R T$, welche in einen Körper mit der Masse m einzuleiten ist, um darin eine Temperaturerhöhung von t^0 hervorzurufen, ist bestimmt durch die Beziehung

$$W = c m t$$

wenn c die spezifische Wärme des Körpers bezeichnet. Letztere ist bei den Zündern, bei welchen der zu erhitzende Körper aus der Zündstrecke und ihrer Umgebung besteht, durch die Wahl der Zünder von selbst gegeben.

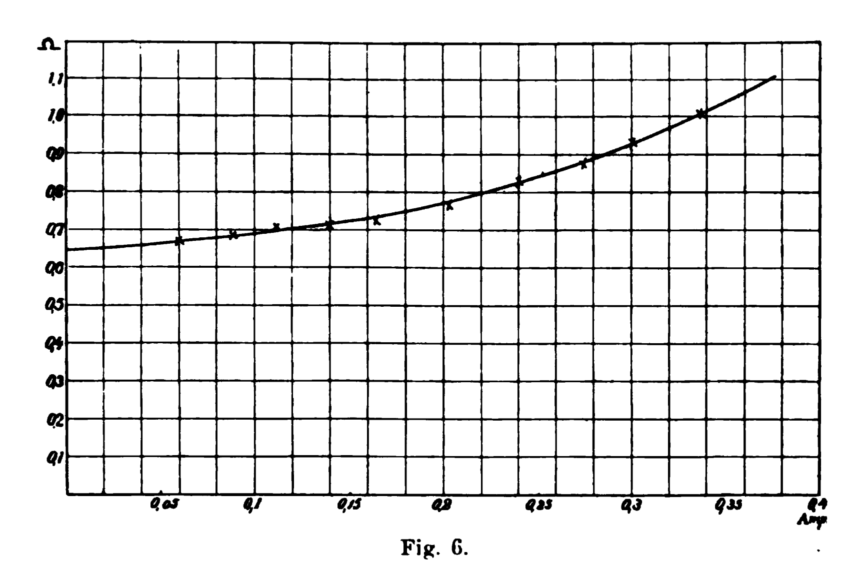


Fig. 6.

Die obige Beziehung besagt weiter, daß die zur Erzielung der Temperaturerhöhung t benötigte Wärmemenge um so geringer ist, je kleiner die Masse m. Bei den Zündern genügt es nun zur Herbeiführung der Zündung vollkommen, wenn nur ein Partikelchen der Zündstrecke auf die Zündtemperatur gebracht, d. h. m sehr klein gemacht wird, da von hier aus dann die Entflammung sich auf die ganze Umgebung von selbst ausbreitet. Es ist daher von Vorteil die Wärmewirkung im Zünder möglichst auf einen Punkt zu konzentrieren. Diese Überlegung würde dazu führen, möglichst kurze Zündstrecken zu verwenden, wenn nicht der Einfluß der Wärmeverluste zu berücksichtigen wäre. Die Umgebung der Zündstrecke leitet einen Teil der entwickelten Wärme ab; je größer ihre Wärmeleitfähigkeit, desto größer ist der Verlust. Nicht zum wenigsten kommt die Ableitung durch die relativ starken Enden der Zuleitungsdrähte in Frage; bei Glühzündern kann man z. B. deutlich beobachten, daß nur die Mitte des Brückendrahtes zum Glühen kommt, während die Enden infolge der starken Ableitung dunkel bleiben. Aus diesem Grunde darf die Zündstrecke hier eine gewisse Länge nicht unterschreiten, um nicht durch die relativ zur nutzbaren Wärme sehr starke Ableitung eine zu große Ungleichmäßigkeit der Zünder zu erhalten. Ferner wird man bestrebt sein, auch der Zündmasse, welche die Zündstrecke umgibt,

eine möglichst geringe Wärmeleitfähigkeit zu geben. Immerhin bleibt auch bei Berücksichtigung dieser Maßgabe außer der Verschiedenheit des Widerstandes unter den Zündern auch eine gewisse Ungleichmäßigkeit der Wärmeableitung als Schwierigkeit bestehen, welche nur bei der sorgfältigsten Fabrikation annähernd behoben werden kann.

Da die Wärmeverluste umsomehr wachsen, je größer die Zeit T ist, in welcher die notwendige Temperaturerhöhung durch den Strom eintritt, so wird man diese Zeit möglichst kurz, d. h. den Wert $J^2 R$ möglichst groß zu machen suchen. Beim Funkenzünder erfolgt das Überschlagen des Funkens momentan; da zu gleicher Zeit die Zündstrecke hier auf ein Minimum beschränkt und demnach die zu erhitzende Masse m sehr klein ist, erklärt sich der äußerst geringe Effektverbrauch derartiger Zünder. Bei den Glühzündern vergeht eine kleine Zeit bis die Zündstrecke genügend erwärmt ist, während dieser Zeit erfolgt entsprechend der jeweiligen Temperaturdifferenz eine Wärmeableitung. Jedem Wert von $J^2 R$, bzw. bei gleichartigen Zündern, jedem konstanten Wert von J entspricht eine gewisse Endtemperatur des erwärmten Körpers m, bei welcher die Ableitung genau gleich der Wärmezufuhr ist; je größer die Stromstärke, desto höher liegt dieser konstante Endwert t. Bei Zündern wird derselbe naturgemäß nicht erreicht, da die Zündtemperatur im Interesse der sicheren Zündung bedeutend unterhalb dieses Wertes liegen muß; die Zündung und damit die Zerstörung der Zündstrecke, erfolgt also normalerweise, während die Temperatur in dauerndem Steigen begriffen ist. Da aber die Zündsicherheit um so größer ist, je höher die Endtemperatur der Zündstrecke über der Zündtemperatur des Zündsatzes liegt und je schneller die letztere erreicht wird, so wird man bei allen Zündern mit einem möglichst großen Überschuß von Strom arbeiten. Die Feststellung des benötigten Stromes geschieht im übrigen auf experimentellem Wege, da die Empfindlichkeit des Zünders in hohem Maße von der Innigkeit der Berührung des Zündsatzes mit der Zündstrecke, der Sorgsamkeit in der Zusammensetzung, dem Material etc. abhängig ist.

Herstellung der Zünder. Das Hauptbestreben bei der Fabrikation der Zündung muß also darauf gerichtet seien durch peinlichste Sorgfalt bei der Wahl und Zusammensetzung der zu verwendenden Materialien eine möglichst große Empfindlichkeit und Gleichmäßigkeit zu erzielen. Diese Eigenschaften müssen die Zünder auch bei längerem Lagern unveränderlich beibehalten. Sie sollen leicht transportierbar sein und sowohl beim Transport als auch beim Gebrauch eine rauhere Behandlung ertragen, ohne Schaden zu leiden.

Der Zündsatz muß aus leicht explodierbaren Stoffen von möglichst niedriger Zündtemperatur bestehen, deren chemische Zusammensetzung und Leitfähigkeit gegen Wärme und Elektrizität sich mit der Zeit nicht verändert. Man verwendet dementsprechend Schwefelantimon, chlorsaures Kali, Knallquecksilber, Kalisalpeter etc., welche bereits bei 180°—200° C zur Entflammung gebracht werden. Häufig wird eine Mischung aus verschiedenen dieser Stoffe benutzt, die man fein pulvert und sorgfältig miteinander vermengt. Die Mischung muß gleichmäßig sein, da ihre Leitfähigkeit in hohem Maße von der Dichtigkeit abhängig ist; sie wird entweder trocken aufgebracht, oder mit Gummilösung zu einem Brei angerührt und dann getrocknet. Sehr gut als Zündmasse eignet sich Schießbaumwolle, welche bereits bei 175° C entzündet wird, wenig hyproskopisch ist und bei verschiedener Dichtigkeit ihre Leitfähigkeit für Elektrizität sehr wenig, für Wärme fast

garnicht ändert. Doch ist es infolge ihrer Struktur schwieriger, einen innigen Kontakt mit der Zündstrecke zu erzielen, weshalb sie hauptsächlich nur für Glühzünder zur Anwendung kommt. Sie wird dann fein geschabt und gesiebt, und mit einer genau abzupassenden Pressung eingebracht, damit einerseits die Masse nicht zu locker ist und innigen Kontakt mit dem Glühdraht besitzt, andererseits jedoch auch nicht zu fest, damit genügend Luft zutreten kann, ohne welche die Explosion nicht vor sich gehen kann. Man wendet die Schießbaumwolle auch in langfaserigem Zustande an, wobei sie dann meistens um den Glühdraht herumgewickelt wird.

Bei den reinen Funkenzündern, welche nur noch geringe Anwendung finden, schwankt der Zwischenraum zwischen den Enden der metallischen Zuleitungsdrähte von 0·1 bis 1·2 mm. Die Pole der Zündstrecke sind mit dem Sprengsatz umgeben, welcher insofern von einigem Einfluß auf das elektrische Verhalten der Zünder ist als die erforderliche Überschlagspannung mit der Veränderung des Zündsatzes variiert. Deshalb sind Funkenzünder gegen Witterungseinflüsse etc. besonders empfindlich. Von den Funkenzündern unterscheiden sich die Spaltzünder nur dadurch, daß der Zündsatz selbst den Übertritt des Stromes zwischen den Polen der Zuleitungen vermittelt. Um dies zu erzielen, werden demselben Zusätze von Kohle, Graphit, Schwefelkupfer, Phosphorkupfer, Schwefelblei etc. beigemengt. Das günstigste Mischungsverhältnis für die gewünschte Empfindlichkeit ist Sache der Erfahrung; folgende Zusammensetzungen werden als bewährt angegeben.

Für Zünder mit hohem Widerstand:

Schwefelantimon	44 %
Chlorsaures Kali	44 „
Wasserblei	12 „

Für Zünder mit mittlerem Widerstand:

Schwefelantimon	44	oder	47 %	oder	50 %
Chlorsaures Kali	44	„	47 „	„	50 „
Kalisalpeter	6	„	— „	„	— „
Retortenkohle	6	„	6 „	„	— „

Knallquecksilber	87 %	Knallquecksilber	25 %
Retortenkohle	13 „	Kupferstaub	75 „

Für Zünder mit niedrigem Wiederstand:

Halbschwefelkupfer	64 %
Halbphosphorkupfer	14 „
Chlorsaures Kali	22 „

Der Glühdraht der Brückenglühzünder muß einen hohen spezifischen Widerstand haben, damit die zur Zündung notwendige Stromstärke nicht unverhältnismäßig hoch wird. Die Drähte sollen aus zähem, dehnbarem und festem Material gefertigt sein, um in der nötigen Feinheit gezogen werden zu können. Auch muß das Metall eine geringe Empfindlichkeit gegen den Einfluß des Zündsatzes und der Atmosphäre besitzen. Die Erwärmung darf weder ein Zerbrechen noch ein Schmelzen verursachen, die Zündtemperatur muß also unter der Schmelztemperatur des Drahtes liegen. Silber, Bronze, Aluminium, Stahl und Blei erfüllen diese Bedingungen nur zum Teil, nur Platin gibt befriedigende Resultate. Doch ist Platin schwer rein erhältlich

und sein spez. Widerstand variiert deshalb beträchtlich. Eine große Präzision ist mit Platiniridium (9 Teile Platin, 1 Teil Iridium) erzielbar. Kleine Differenzen im Widerstand der Zünder werden dadurch unschädlich gemacht, daß die Glühzünder nach Fertigstellung gemessen und nach dem Widerstand sortiert

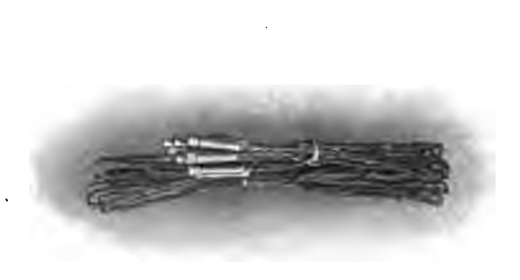




Fig. 7.

werden, ein Karton (Fig. 7) enthält immer Zünder von gleichem Widerstand. Der Durchmesser der Drähtchen beträgt 0·02 bis 0·05 mm. Um diese Feinheit zu erzielen, versilbert man einen Draht von 0·1 mm, so daß er einen größeren Durchmesser bekommt, zieht ihn dann mit dem Zieheisen fein aus und ätzt nachher den Silberüberzug mit Salpetersäure ab. Die Länge der Drähtchen beträgt 2 bis 7 mm. Die größeren Längen werden in einer Spirale von 3 bis 7 Windungen verwendet, sie haben den Vorteil, daß die Wärmeableitung der Enden nicht so sehr ins Gewicht fällt, und der Draht bei eintretender Verschiebung der Zuleitungsdrähte nicht so leicht bricht. Die Drähtchen werden mit einem Zinntropfen sorgsam, damit kein Übergangswiderstand entsteht, an die Zuleitungen festgelötet; infolge der Wärmeableitung der letzteren erfolgt das Erglühen und Zünden, bevor sie sich an den Befestigungsstellen ablöten können.

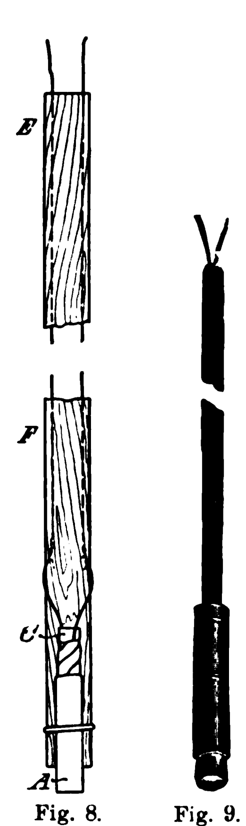


Fig. 8. Fig. 9.

Die Zünderzuleitungen bestehen aus Eisen oder Kupferdrähten. Sie müssen in der Zünderhülse sehr gut befestigt sein, damit sie beim Hantieren nicht mitsamt dem Zündsatz herausgezogen werden können, was schon verschiedentlich zu Unfällen geführt hat. Ebenso soll die gegenseitige Lage ihrer Enden im Zünder absolut unveränderlich sein, weshalb sie meistens miteinander verdrillt werden. Die Zuleitungen sind so lang zu wählen, daß sie mindestens 10 bis 20 cm aus der Bohrlochmündung heraus ragen, um eine bequeme Verbindung der Zünder untereinander und mit der Stromzuführungsleitung ohne besonderes Zwischenstück zu ermöglichen, sie haben deshalb meistens eine Länge von 1·0 bis 1·5 m. Die Isolation voneinander und von der Umgebung besteht aus Baumwollenumspinnung, Papierlagen, Guttapercha etc. Zum Transport werden die Zuleitungen um-

gebogen, so daß die Zünder nicht viel Platz einnehmen und leicht in Bündeln verpackt werden können (Fig. 7).

Manchmal erhalten die Zuleitungsdrähte noch eine besondere Versteifung, um das Besetzen der Ladungen zu erleichtern und zum Schutz gegen Beschädigung durch unvorsichtiges Feststampfen. Zu diesem Zweck sitzt der Zünder bei den sog. Stabzündern (Fig. 8) am Ende eines Holzstabes, längs welchem die Zuleitungen heraufgeführt werden. Der Transport dieser Zünder ist aber wegen des Holzstabes sehr unbequem. Besser in dieser Beziehung sind die sog. Bandzünder, bei welchen die Zuleitungen durch ein biegsames Bandgeflecht in einem gewissen Abstand gehalten werden. Die Schaftzünder der Fabrik elektrischer Zünder zu Köln (Fig. 9) besitzten Drähte, welche durch einen Pappstreifen voneinander isoliert, und von demselben spiralförmig umgeben werden, so daß ein Rohr entsteht, innerhalb dessen die Zuleitungen verlaufen. Beim Transport läßt sich der Schaft bequem in einen Ring zusammenbiegen.

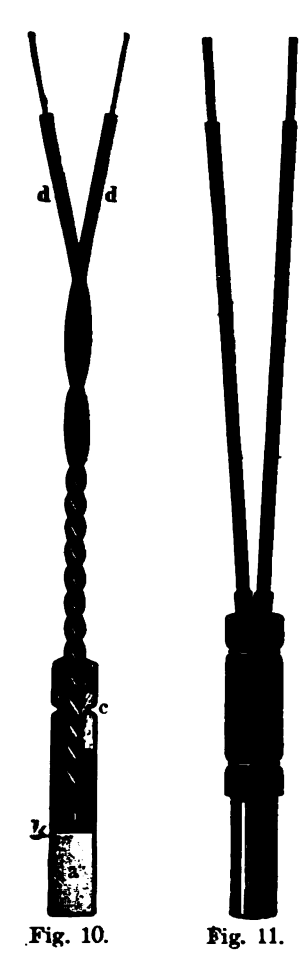


Fig. 10. Fig. 11.

Die Funkenzünder von BORNHARDT (Fig. 10) bestehen aus zwei zusammengedrehten und am Ende scharf abgeschnittenen Guttapercha-Kupferdrähten *dd*, welche in eine kupferne mit dem Zündsatz *b* und dem Knallsatz *a* angefüllte Sprengkapsel *k* eingeführt sind. Der Funke überschlägt den von der Guttaperchaisolation gebildeten Zwischenraum zwischen den Drahtenden. Der Verschluß des Zünders wird durch einen wasserdichten, langsam erhärtenden Kitt und durch Ankneifen der Kapsel bei *c* gebildet, und verhindert unter gewöhnlichen Verhältnissen das Eindringen von Wasser. Für Sprengungen in großer Wassertiefe werden die Zünder in der aus Fig. 11 ersichtlichen Weise mit Kautschuküberzug noch besonders abgedichtet. Beschreibung einiger gebräuchlicher Zünder.

Die NOBELschen Zünder (Fig. 12) besitzen einen U-förmig gebogenen, in einer isolierenden Gußmasse aus Schwefel und Glaspulver *A* festgelegten Messing- oder Kupferdraht, an dessen Biegungsstelle mit einer feinen Säge ein Schnitt angebracht wird. Hier ist der Zündsatz aufgetragen und zusammen mit der Knallquecksilber enthaltenden Sprengkapsel *K* durch eine Schutzhülle *H* aus Papier oder Metall gehalten. Als Abschluß dient ein Kittverguß *m*.

Bei den Spaltzündern der Fabrik elektrischer Zünder Köln (Fig. 13—15) besteht der Zündkörper aus einem beiderseits mit den Metallblättchen *bb* belegten Kartonstreifen *a* als Isolator, auf den an einem Ende der Zündsatz *c* wie bei einem Streichholz durch Eintauchen aufgebracht ist. An die beiden als Pole dienenden Metallbelegungen sind die Kupferdrähte *e* angelötet. Das Zündköpfchen samt den Lötstellen ist mit einem wasserdichten Überzug versehen und dann mit einer Cementmasse *h* so in die Hülse festgegossen, daß nur die Spitze des Zündkopfes heraussteht. Der in dieser Weise gerade auf den

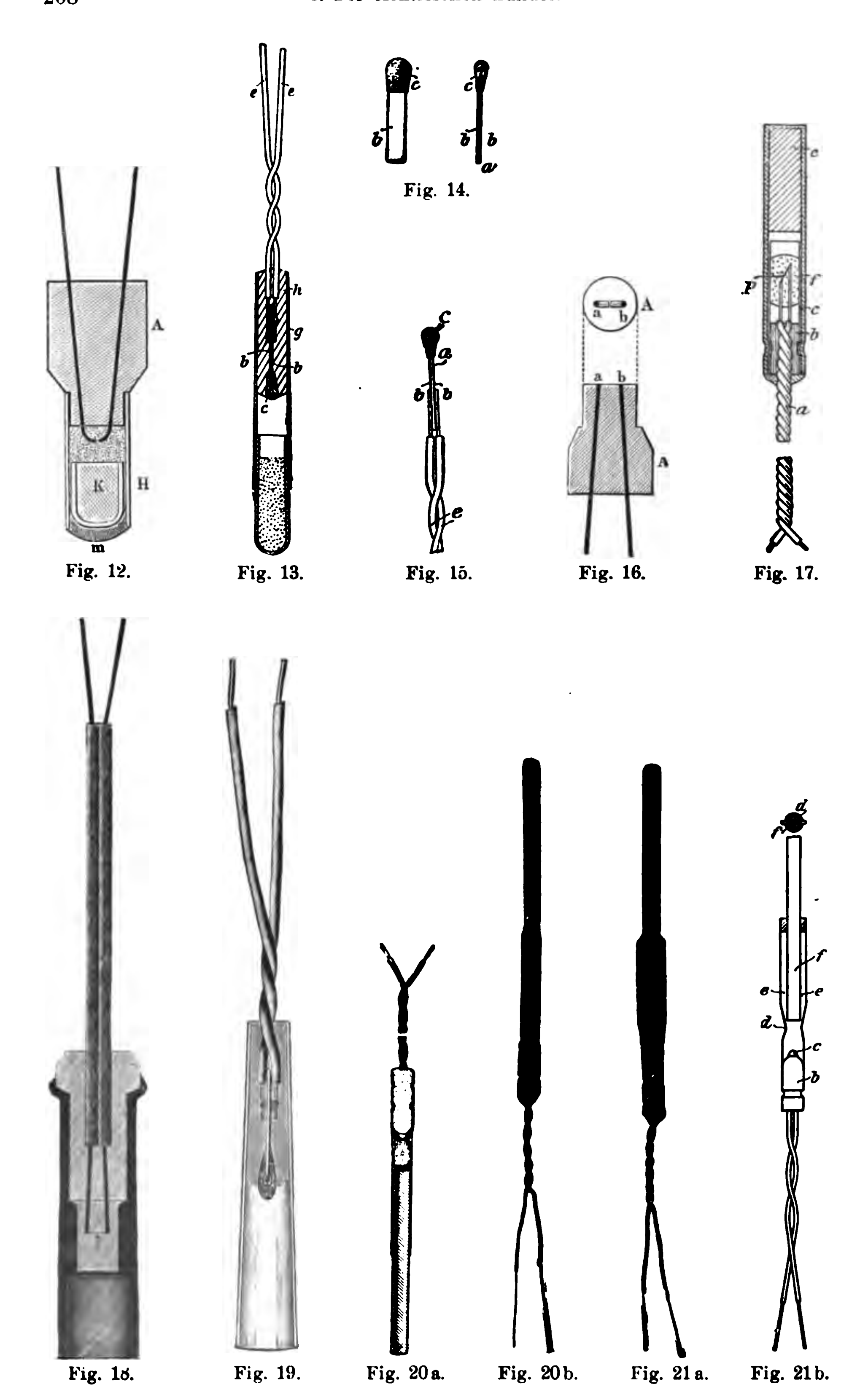


Fig. 12. Fig. 13. Fig. 14. Fig. 15. Fig. 16. Fig. 17.

Fig. 18. Fig. 19. Fig. 20a. Fig. 20b. Fig. 21a. Fig. 21b.

Knallsatz der Sprengkapsel gerichtete Zündstrahl ist ein verhältnismäßig kräftiger.

Der Zünder von BEARDSLEE (Fig. 16) enthält als Zündstrecke einen zwischen den Enden der Drähte *a b* auf der Stirnfläche *A* gezogenen Bleistiftstrich. Das Erglühen der haftenden Graphitteilchen bringt den Zündsatz zur Entflammung.

Der Glühzünder von R. LINKE in Spandau (Fig. 17) besitzt ein an die beiden Zuleitungen angelötetes Platindrähtchen *P*, welches zur Erzielung einer größeren Länge schräg gespannt ist. Das Drähtchen wird zum Schutz, und um ein sicheres Anliegen der Zündmasse zu gewährleisten, mit langfaseriger Schießbaumwolle umwickelt.

Ähnlich ist der Glühzünder von TIRMANN (Fig. 18), nur bildet hier die aus einer Metalllegierung gegossene Hülse zwei Abteilungen, welche durch eine Zwischenwand getrennt sind. Die obere Abteilung, welche den Zündsatz enthält, ist dadurch gegen Feuchtigkeit gut abgeschlossen, die untere dient zur Aufnahme der Sprengkapsel. Bei der Zündung wird die dünne Zwischenwand durchschlagen.

Bei den Glühzündern der Fabrik elektrischer Zünder Köln (Fig. 19) ist der bügelförmige Glühdraht nicht direkt, sondern unter Vermittelung zweier, in ähnlicher Weise wie bei den Spaltzündern auf einen Kartonstreifen aufgebrachter Metallbelegungen an die Zuleitungsdrähte angelötet. Auch hier wird der Zündsatz durch Eintauchen des Kartonendes in breiartigem Zustande aufgetragen und erstarrt daran zu einer harten Masse.

Fig. 20 und 21 zeigen Zeitzünder der Fabrik elektrischer Zünder zu Köln. Eine mit Garnschutz versehene Guttaperchazündschnur ist wasserdicht schließend in die Zünderhülse eingeklebt oder eingepreßt. Der Abzug der Gase findet entweder durch zwischen Zündschnur und Zündsatz angebrachte Löcher statt (Fig. 20 a u. b), oder durch Rillen in der Zünderhülse, welche längs der Zündschnur verlaufen (Fig. 21 a u. b), die Öffnungen werden zugekittet und öffnen sich erst infolge Schmelzens des Kittes bei der Zündung.

4. Die Leitungen.

Der Ort, von dem aus die Zünder betätigt werden, soll 50 m vom Sprengort entfernt sein, wenn er nicht durch Biegungen im Stollen, Gesteinsvorsprünge usw. anderweitig vor den Wirkungen der Sprengladung geschützt ist. Die zum Sprengort führenden Leitungen müssen leicht verlegbar und dauerhaft sein und den an sie gestellten elektrischen Anforderungen bezüglich Widerstand und Isolation genügen. Diese letzteren Bedingungen sind je nach der verwendeten Spannung verschieden. Funken- und Spaltzünder bedürfen, besonders in Hintereinanderschaltung, hohe Spannung aber geringen Strom, weshalb der Zuleitungswiderstand hier weniger ins Gewicht fällt als bei Glühzündern; dagegen muß auf sorgfältigere Isolation Wert gelegt werden. Die Leitungen bestehen aus Kupfer-, Messing- oder Eisendrähten von verschiedenem Querschnitt. Die Tabelle gibt den OHMschen Widerstand verschiedener Drähte unter Voraussetzung einer Länge von 100 m, was der normalen Entfernung von 50 m bei Verwendung von Doppelleitung entspricht. Die angegebenen Zahlen sind Durchschnittswerte, da der Widerstand mit dem Material etwas variiert.

Durchmesser mm	Kupfer Ω	Messing Ω	Eisen Ω
0·8	3·6	16·5	24·0
0·9	2·8	13·0	19·0
1·0	2·3	10·5	15·5
1·2	1·6	7·5	10·5
1·5	1·0	4·5	7·0
1·7	0·8	3·6	5·5
2.0	0·57	2·6	3·8
2·5	0·37	1·7	2·5

Aus Gründen der Dauerhaftigkeit wird man im allgemeinen Drähte unter 1 mm Durchmesser nicht verwenden. Sehr starke Leitungen bestehen zweckmäßig aus einer Anzahl dünner verseilter Kupferdrähte denen man aus Rücksicht auf die Festigkeit Stahldrähte zufügt. Bei Glühzündung sollte der Zuleitungswiderstand den Wert von 10 Ohm nicht überschreiten. Als Rückleitung wird manchmal die Erde benutzt, doch ist dies wegen der zu erwartenden Unsicherheit des Übergangswiderstandes der Erdung und der Möglichkeit des Leitungskurzschlusses nicht zu empfehlen.



Fig. 22.

Die Zuführungsdrähte sind entweder blank oder isoliert. Oft wird auch isolierte Hinleitung und blanke Rückleitung angeordnet, welch letztere dann nach dem Vorschlag der Fabrik elektrischer Zünder zu Köln zweckmäßig um die isolierte Leitung herumgewickelt wird (Fig. 22). Die Verwendung blanker Drähte hat, solange sie sich nicht aus elektrischen Rücksichten verbietet, den Vorteil, daß die Handhabung eine einfache ist und Fehler direkt erkannt werden können. Bei isolierten Leitungen liegt ein gewisser Nachteil darin, daß schadhafte Stellen oft schwer zu finden und umständlich auszubessern sind; auch wird die Isolation bei wenig sorgfältiger Behandlung leicht zerstört. Andererseits besteht bei blanken Drähten die Gefahr, daß durch Unvorsichtigkeit bei der Verlegung direkter Kurzschluß entstehen kann und Versager die Folge sind. Bei Pulverladungen dürfen blanke Zuleitungen vor dem Zünder nicht mit gut leitendem Pulver in Berührung kommen. Für die Glühzündung ist das Verlegen blanker Drähte in einiger Entfernung voneinander auf dem Boden unbedenklich, da bei der geringen Spannung schädliche Nebenschließungen nicht zu befürchten sind. Im übrigen ist der Verlegungsort der Leitungen nicht gleichgültig; so haben in einer Grube angestellte Versuche[1]) einen je nach der Lage und Feuchtigkeit der Verlegungsstelle von 3300 auf 70 Ohm verminderten Isolationswiderstand zwischen zwei 50 m langen blanken Leitungen ergeben. Besser als die Auslegung auf dem Boden, und bei höherer Zündspannung direkt geboten, ist jedenfalls die Führung auf besonderen Isolatoren, an trockenen Holzpflöcken, über Rollen und Ringen aus Glas und Porzellan, nur wird die Verlegung dadurch wieder umständlicher.

1) G. A. Meyer, Glückauf 1901 Nr. 39 S. 841 ff.

Isolierte Leitungen haben eine Umspinnung aus Hanf, Baumwolle oder Jute, welche gewachst, gefettet oder geteert wird. Auch verwendet man eine Umpressung von Gummi oder Guttapercha, welche bei starken Drähten noch mit einer Umspinnung von Jute versehen wird. Kabel welche unter Wasser geführt werden, erhalten meistens eine doppelte Hülle von Guttapercha. Bezüglich dieses Isolationsmaterials ist jedoch zu bemerken, daß große Kälte seiner Haltbarkeit, trockene Hitze, der Isolation sehr schadet, weshalb in Steinbrüchen derartig isolierte Leitungen immer an geschützten Stellen und im Schatten zu verlegen sind.

Fig. 23 zeigt ein Minenzündkabel der Siemens & Halske A.-G., bestehend aus 7 Kupferdrähten, welche verseilt und mit Guttapercha bedeckt sind. Darüber befinden sich zwei Lagen Naturgummi. Das Ganze ist mit einer imprägnierten Umkoppelung versehen.

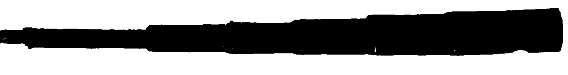


Fig. 23.

Hin- und Rückleitung werden auch wohl mit einer gemeinsamen Isolation umgeben und als Doppelkabel verwendet. Derartige Kabel haben eine große Kapazität der Leitungen gegeneinander; ihre Verwendung bei sehr hohen Spannungen führt wegen der auftretenden Ladungserscheinungen zu Unzuträglichkeiten und ist deshalb hier ausgeschlossen; überhaupt soll bei Funkenzündung der Abstand der Hin- und Rückleitung aus diesem Grunde mindestens 0·5 m betragen, auch dürfen solche Leitungen nicht auf größerer Länge längs Eisengestängen etc. geführt werden.

Eine feste Verlegung der Zuführungsdrähte für die Dauer wird selten von Vorteil sein. Höchstens werden da, wo häufiger geschlossen wird, festverlegte Hauptleitungen zur Stromquelle benutzt, an welche die Zuführungsleitungen zum Zünder von Fall zu Fall angeschlossen werden; doch kann dies Verfahren, wenn an mehreren Stellen gleichzeitig gearbeitet wird, zu Unfällen Veranlassung geben. Deshalb legt man meistens die Zuleitungen vor jeder Zündung aus.

Bei Zündungen über Tage, wo atmosphärische Einflüsse ein vorzeitiges Ansprechen der Zünder bewirken können, ist es zweckmäßig, die Zuleitungsenden während der Herstellung der Anlage kurz zu schließen, und erst kurz vor der Abgabe des Sprengschusses an die Klemmen des Zündapparates anzulegen. Beim Auftreten von Versagern sind die Zuleitungen sogleich wieder von der Klemme zu entfernen, bevor zur Untersuchung der Anlage geschritten wird.

Um das Verwirren der Drähte beim Verlegen zu vermeiden verwendet man handliche Haspel, welche ermöglichen die ganze Länge der Drähte auch für kurze Strecken ohne Schwierigkeit zu benutzen, so daß ein jedesmaliges Zerschneiden und Herrichten wegfällt. Die Haspel können an der Hand, oder mit Riemen auf Brust und Rücken getragen werden. Eine solche Ausführung der Siemens & Halske A.-G. zeigt Fig. 24.

Die Verbindungen zwischen den Drähten müssen sorgfältig hergestellt werden. Sehr zweckmäßig ist die Verwendung kleiner Kupferhülsen, in welche die Drähte von beiden Seiten eingesteckt und so festgewürgt werden (Fig. 25). Die von der Siemens & Halske A.-G. gelieferte Universalzange (Fig. 26) gestattet die Ausführung aller zur Verbindung zweier Leitungen miteinander notwendigen Arbeiten mit einem Handwerkszeug.

Es soll noch erwähnt werden, daß verschiedentlich Verfahren angegeben worden sind, Zünder ohne Leitung durch Wellenübertragung zu zünden.

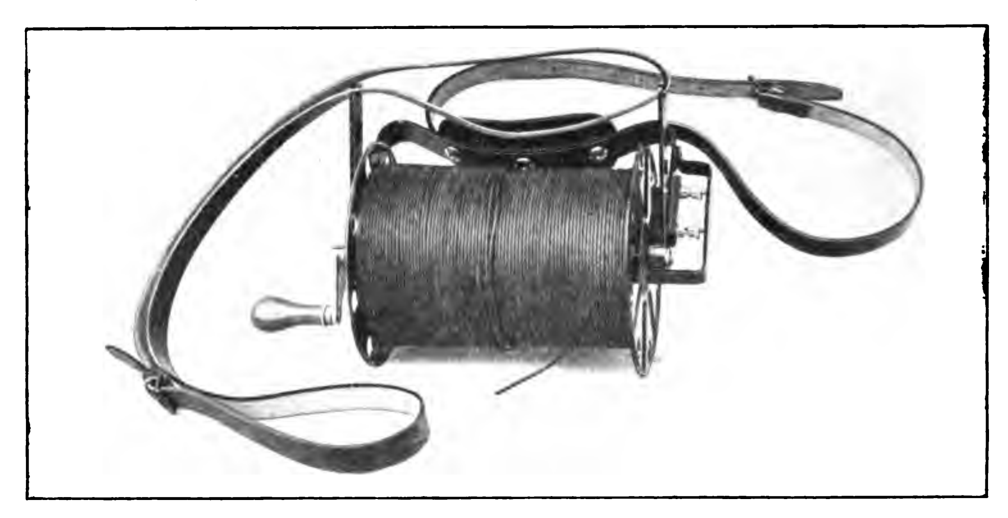


Fig. 24.

indem der Zündsatz direkt als Fritter ausgebildet wurde, der, durch auftreffende Wellen leitend gemacht, dem Zündstrom den Durchgang gestattet.

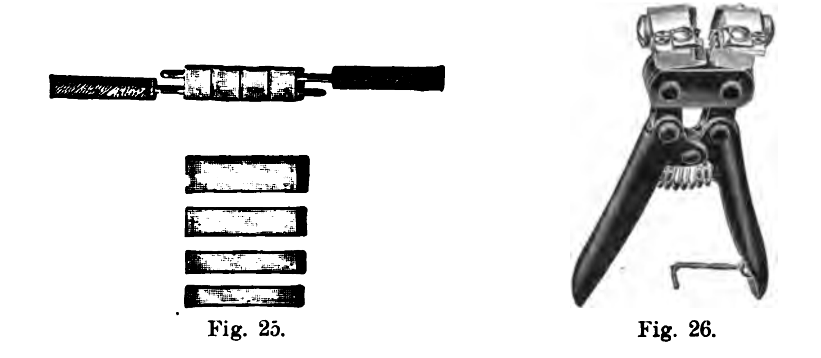


Fig. 25. Fig. 26.

Doch ist dies Verfahren naturgemäß vielen Zufälligkeiten ausgesetzt und daher zu gefährlich, so daß es eine normale praktische Verwendung im Betriebe wohl kaum zu erwarten hat.

5. Die Stromquellen.

Da es sich bei der elektrischen Minenzündung um die Erzeugung sehr geringer Energiemengen handelt, so sind die Anforderungen in elektrischer Hinsicht, welche an die Stromquellen gestellt werden, relativ gering. Es können die verschiedenartigsten Apparate und Einrichtungen Anwendung finden, sie müssen nur imstande sein, die erforderliche Spannung bei Abgabe der benötigten geringen Stromstärke zu erzeugen, und sollen diese Eigenschaft lange unverändert und mit Sicherheit beibehalten. Demzufolge sind

für die Minenzündung Reibungselektrisiermaschinen, Induktionsapparate und Induktoren der verschiedensten Arten, kleine Dynamos, galvanische Elemente und Akkumulatoren im Gebrauch. Die Stromerzeuger müssen der Zünderart, welcher sie den Strom liefern sollen, angepaßt sein. Funkenzünder bedürfen Stromquellen von hoher Spannung, aber geringster Leistungsfähigkeit bezüglich der Stromabgabe, Glühzünder dagegen solche von geringer Spannung, welche aber bei entsprechender Stromlieferung nicht unter das zulässige Maß heruntergehen darf.

Es kommen jedoch für die Beurteilung einer Zündstromquelle noch eine Reihe praktischer Gesichtspunkte in Frage. Vor allem ist zu berücksichtigen, daß die Handhabung durch ein ungeschultes Personal erfolgt; es ist also äußerste Einfachheit der Inbetriebnahme und Wartung und große Stabilität der Konstruktion erforderlich, auch müssen alle der Abnutzung ausgesetzten Teile leicht auswechselbar sein. Da die Apparate sehr häufig ihren Aufstellungsort ändern so ist geringes Gewicht und leichte Beweglichkeit Bedingung. Nicht minder erforderlich ist eine absolute Unempfindlichkeit gegen atmosphärische Einflüsse, Nässe und Kälte.

Von diesen Gesichtspunkten aus betrachtet, verhalten sich die verschiedenen Arten der Stromquellen nicht gleichmäßig gut im Betriebe.

Elektrisiermaschine.

Für die Betätigung von Funkenzündern sehr geeignet sind die Elektrisiermaschinen, da sie imstande sind, hohe Spannungen zu erzeugen. Ihrer ausgedehnteren Verwendung steht jedoch der Übelstand im Wege, daß diese Maschinen gegen Nässe und Temperaturschwankungen empfindlich sind; und wenn auch bei den neueren Ausführungsformen durch sorgfältige Abdichtung der Innenteile und passende Wahl des verwendeten Materials diese Einflüsse weniger zur Geltung kommen, so lassen sich doch störende Wirkungen nicht ganz ausschalten. Es kann daher vorkommen, daß die Maschinen sich nicht selbst erregen; in diesem Fall muß versucht werden, ob sie sich durch Aufbewahren in der Wärme wieder gebrauchsfähig machen lassen. Gute Reibungselektrisiermaschinen haben eine Spannung von rund 100 000 Volt. Für ihre Leistungsfähigkeit ist die Größe der reibenden Fläche maßgebend, man hat daher außer den Scheibenmaschinen auch solche mit reibenden Zylindern in Gebrauch genommen. Die kräftigste Erregung erhält man durch Reibung von Glasscheiben mit Amalgam, einer Mischung von 2 Teilen Quecksilber, 1 Teil Zinn, 1 Teil Zink, welche mit Fett vermengt auf Reibkissen von Leder aufgetragen wird. Da sich jedoch Amalgam schnell verbraucht, auch sich an die Scheiben ansetzt und diese leitend macht, und, weil das Glas zu zerbrechlich ist, wird meistens Hartgummi angewendet, welches mit Pelzwerk gerieben wird. Die Prüfung solcher Maschinen kann dadurch vorgenommen werden, daß man die nach einer gewissen Zahl der Kurbelumdrehungen erreichte Schlagweite der Funken beobachtet. Auch kann man mit dem Luftthermometer die erzeugte Energie messen, indem man den Zündstrom durch eine Platinspirale gehen läßt und die Volumenvermehrung der dadurch erwärmten Luft feststellt.

Die in den Elektrisiermaschinen gewonnene Elektrizitätsmenge wird durch einen Kondensator gesammelt, welcher die Ladung im Augenblick der Zündung weitergibt.

Die Zündmaschine von C. Winter, A. Bornhardts Nachf., Braunschweig (Fig. 27, 28) besitzt als Elektrizitätserreger eine Hartgummischeibe *B*, welche

mittels Kurbel und Vorgelege gedreht und an einem dagegen gedrückten Pelzwerk reibend vorbeigeführt wird. Die auf der Scheibe entwickelte Elektrizitätsmenge wird von einem auf der Innenseite mit feinen Spitzen versehenen Sauger *A* aufgenommen und dem Kondensator *F* zugeführt, das Reibzeug ist mit dem Gehäuse und der äußeren Belegung von *F*

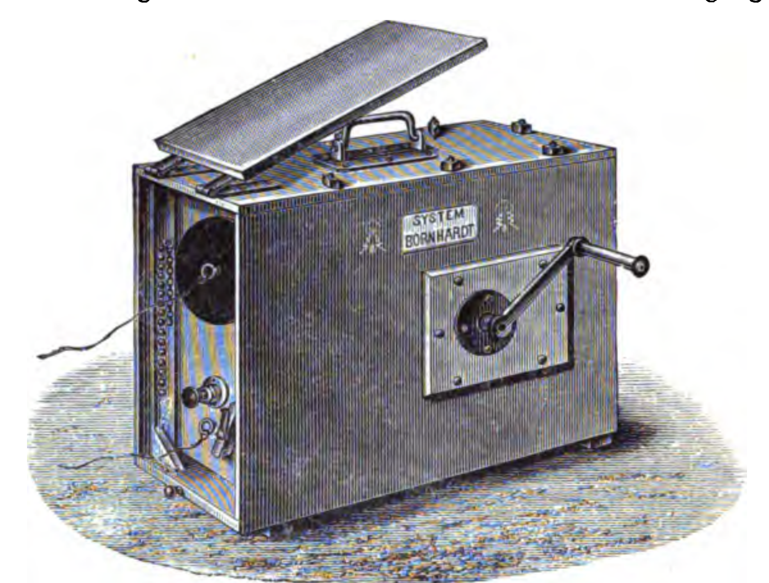


Fig. 27.

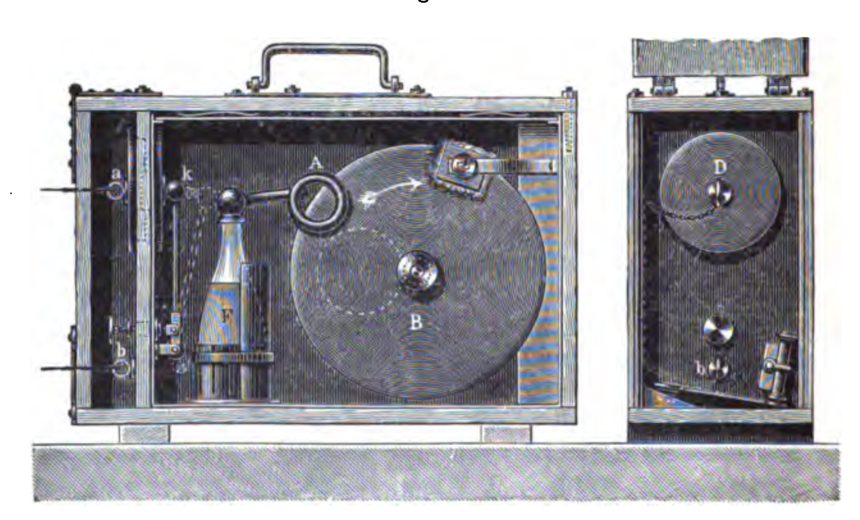


Fig. 28.

leitend verbunden. Zwei Messingösen *a* und *b* dienen zum Anhängen der Leitungsdrähte; während *b* mit der äußeren Belegung von *F* in Verbindung steht, kann *a* durch Druck auf den über *b* befindlichen Knopf des Entladers *k* mit der inneren Belegung in Berührung gebracht werden. Der Apparat ist von einem Blechgehäuse umgeben, das sich wieder in einem Holzkasten befindet. Ein besonderer, dem Bedienungspersonal leicht zugänglicher Vorraum desselben enthält außer den Anschlußösen und dem

Druckknopf noch eine aus 15 Metallknöpfen gebildete Funkenstrecke, welche durch ein Metallkettchen an die Maschine angeschlossen werden kann, um dieselbe vor dem Gebrauch auf ihre Wirksamkeit zu prüfen. Die Maschine wird in 2 Größen gefertigt, die kleinere, 13 kg schwer, liefert bei einem Scheibendurchmesser von 258 mm nach 20 bis 25 Kurbelumdrehungen Funkenlängen von 45 bis 55 mm und vermag 15 bis 20 hintereinandergeschaltete Funkenzünder mit Sicherheit zu zünden; die größere enthält bei einem Gewicht von 19·5 kg 2 Scheiben von 300 mm Durchmesser und vermag Funken von 70 bis 90 mm Länge zu erzeugen, ihre Leistungsfähigkeit ist entsprechend größer.

Die von der A.-G. Nobel und von Mahler & Eschenbacher in Wien gebauten Apparate unterscheiden sich im wesentlichen nicht von dem oben beschriebenen.

Bemerkenswert ist noch eine in Amerika viel verbreitete Maschine von Mowbray, welche in einem faßförmigen Gehäuse drehbar, einen Ebonitzylinder enthält. Reibzeug und Saugvorrichtung befinden sich in dem Zwischenraum zwischen Gehäuse und Zylinder und sind in ihrer Lage verschiebbar. Beim Vorwärtsdrehen des Zylinders werden sie durch das Reibkissen mitgenommen, und legen sich gegen Anschläge, welche mit den Belegungen des Kondensators verbunden sind, so daß sie den letzteren in dieser Stellung laden. Durch eine kleine Rückwärtsbewegung der Kurbel dagegen tritt eine Trennung der Verbindung mit den Belegungen ein. Eine weitere Rückwärtsdrehung betätigt die Entladungsvorrichtung des Kondensators.

Influenzmaschinen haben sich für Minenzündung nicht eingeführt, da sie in erhöhtem Maße unter atmosphärischen Einflüssen leiden.

Zur Zündung von Funkenzündern können auch Induktionsspulen verwendet werden, welche bei plötzlicher Unterbrechung des einer Stromquelle Induktionsspulen.

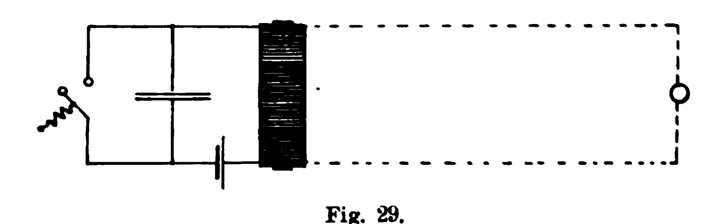


Fig. 29.

niedriger Spannung entnommenen Stromes eine bedeutende Spannung zu induzieren imstande sind. Ein gleichmäßiges und schnelles Öffnen des Stromkreises erzielt man dadurch, daß man den Ausschalter von einer gespannten Feder betätigen läßt, welche im richtigen Moment ausgelöst wird. Damit die induzierte Spannung sich durch den Zünder, und nicht über die Unterbrechungsstelle des Stromes ausgleicht, ist zur letzteren ein Kondensator parallel geschaltet, welcher den ersten Stromstoß aufnimmt und durch den Zünder wieder entladet (Fig. 29). Natürlich kann der Zündstromkreis auch an eine besondere induzierte Sekundärspule angeschlossen werden, wodurch man die Möglichkeit gewinnt, die Spannung durch Vermehrung der Windungszahl dieser Spule beliebig zu vergrößern, ohne gleichzeitig im Primärkreis eine höhere Spannung anwenden zu müssen. Ordnet man außerdem einen

NEEFschen Hammer zum automatischen Öffnen und Schließen des Stromes an, so gelangt man zur Anordnung des RUHMKORFFschen Induktors (Fig. 30). Derartige Apparate erzeugen bei verhältnismäßig geringem Gewicht Spannungen von einigen 1000 Volt.

Die Induktionsspulen haben sich jedoch trotz ihrer Einfachheit nicht einbürgern können, da sie ungleichmäßig arbeiten und vielen Betriebsstörungen unterliegen. Vor allem sind die Stromunterbrechungsstellen sehr empfindlich gegen Verschmutzen und Beschädigungen, auch treten bei der hohen indu-

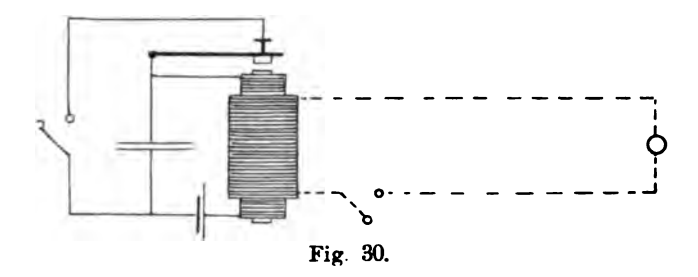


Fig. 30.

zierten Spannung leicht Kurzschlüsse infolge Durchschlagens der Wickelungen ein. Außerdem bedürfen die Apparate zum Betriebe noch einer besonderen Stromquelle; und da die letztere imstande ist entsprechende Zünder unmittelbar zu betätigen, so liegt kein Grund vor, die Zündanlage durch Zwischenschaltung der Induktionsspulen noch zu komplizieren, umsomehr, als die zum Betrieb verwendeten Elemente und Akkumulatoren selbst Anlaß zu Störungen geben können.

Magnetinduktoren.

Häufigere Anwendung finden die Magnetinduktoren. Sie bestehen aus einem permanenten Magneten, dessen Kraftlinien eine Induktionsspule und einen beweglichen Anker durchsetzen. Bei Veränderung der Lage des Ankers zum Magneten tritt eine Zu- oder Abnahme der Kraftlinien innerhalb der Spule auf, was die Erzeugung der Spannung zur Folge hat. Derartige Apparate sind einfach, dauerhaft und gegen atmosphärische Einflüsse wie auch gegen rauhe Behandlung ziemlich unempfindlich; sie geben Spannungen von über 1000 Volt, verlieren allerdings im Laufe der Zeit etwas von ihrer Leistungsfähigkeit, da die Magnete in ihrer Stärke nachlassen. Die meisten Magnetinduktoren besitzen eine Einrichtung, welche die Maschine automatisch in dem Augenblick an die Leitung schaltet, in welchem die Spannung ihren höchsten Wert erreicht hat. Es wird dadurch verhindert, daß bei Hintereinanderschaltung mehrerer Zünder der langsam ansteigende Strom die empfindlichsten Zünder zuerst zum Ansprechen bringt und dadurch den Stromkreis unterbricht, ehe auch die weniger empfindlichen zum Ansprechen gebracht worden sind.

Bei dem Apparat von BRÉGUET in Paris (Fig. 31) ist vor den Polen eines Hufeisenmagnets NN, auf welchen zwei Spulen EE von hoher Windungszahl aufgeschoben sind, ein Anker AA aus weichem Eisen angeordnet, welcher mit einem um eine Achse drehbaren Winkelhebel MB fest verbunden ist, und durch eine starke Feder an die Pole angedrückt wird. An dem Winkelhebel ist außerdem noch die Blattfeder R befestigt, die sich in der Ruhelage gegen einen Kontakt legt, wodurch die Spulen kurzgeschlossen werden. Eine Arretierung X verhindert die unbeabsichtigte Bewegung des Ankers vor

der Zündung. Letztere wird durch einen Faustschlag auf den Knopf *B* des Winkelhebels bewirkt. Im ersten Augenblicke der Bewegung des Ankers bleibt die Feder *R* noch am Kontakt liegen, wodurch ein kräftigen Kurzschlußstrom die Spulen durchfließt. Derselbe wird dann plötzlich unterbrochen, so daß eine erhebliche Spannungserhöhung eintritt, welche dem äußeren Stromkreis zugute kommt. Eine Maschine dieser Art zum Zünden von 2 Schuß wiegt 2·75 kg, für 8 Schuß 8·5 kg, für 12 Schuß 10·5 kg.

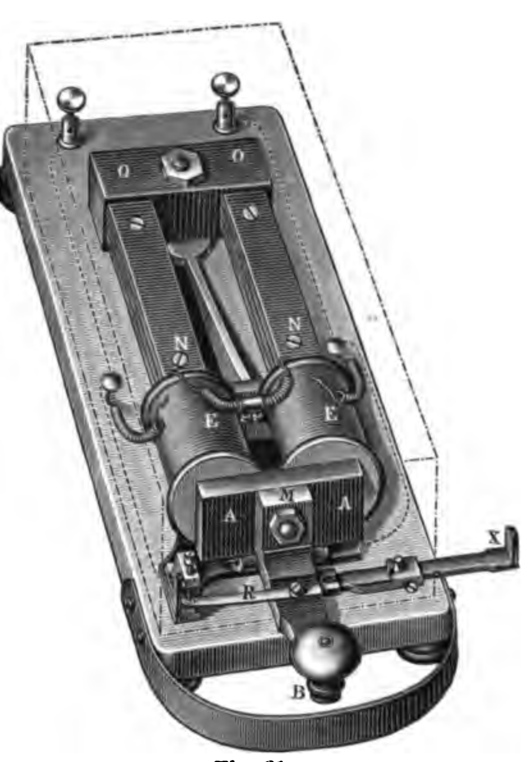


Fig. 31.

Der Zündinduktor von MARKUS (Fig. 32) enthält zwischen den Polen *N* und *S* eines permanenten Magneten den um den Punkt *C* drehbaren Anker *A* aus unterteiltem Schmiedeeisen, welcher mit einer Drahtwickelung *w*

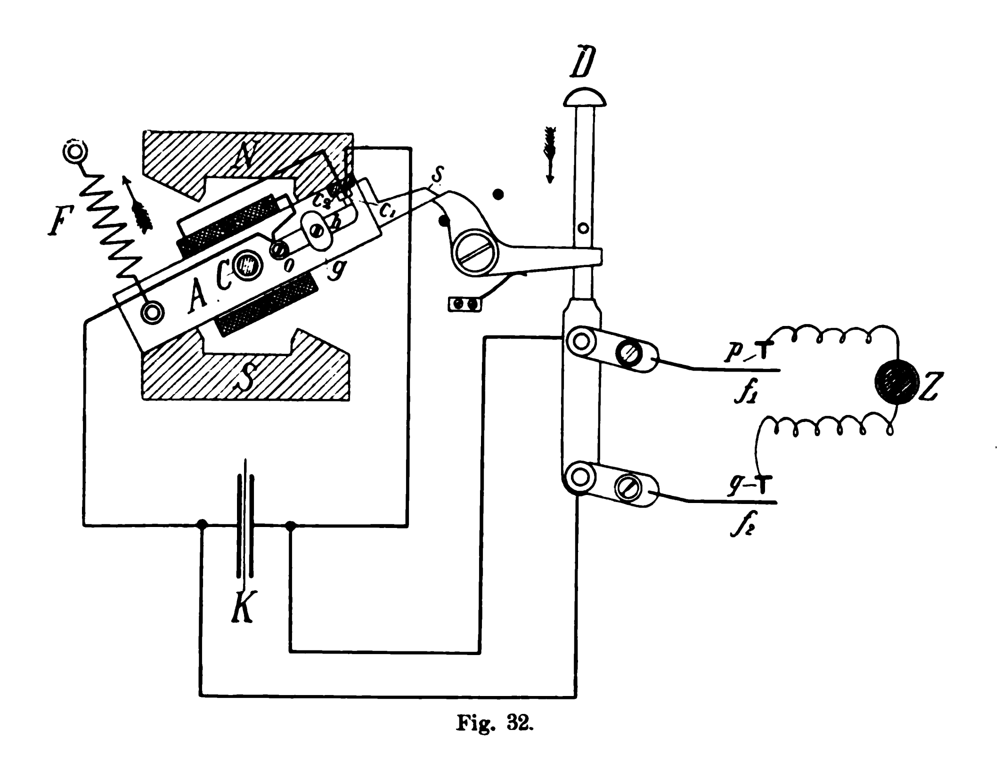


Fig. 32.

versehen ist. Je nach der Lage des Ankers wird die Spule in der einen oder anderen Richtung von den Kraftlinien des Magneten durchsetzt. An dem Anker *A* ist ein um den Punkt *o* drehbarer Hebel *h* befestigt, welcher an seinem Ende einen Platinkontakt c_1 besitzt. Dieser legt sich gegen einen isolierten zweiten Kontakt c_2, welcher ebenfalls am Anker *A* angeordnet ist. *g* ist ein Reguliergewicht, welches sich am Hebel *h* verschieben läßt. Wird auf den Abfeuerungsknopf *D* gedrückt, so wird der Anker *A* durch das Klinkensystem *s* freigegeben und schnellt durch Einwirkung der Feder *F* gegen seine durch die Pole *N* und *S* gebildete zweite Grenzlage. Durch das Abreißen des Ankers von den Polen entsteht in der Drahtwickelung ein kräftiger Induktionsstrom. In dem Augenblick, wo der Anker in seiner Bewegung gehemmt wird, bewegt sich der Hebel *h* infolge seiner Trägheit weiter und öffnet die Kontakte c_1 und c_2, wodurch der Induktionsstrom, der in diesem Moment auch seinen größten Wert erreicht hat, an dieser Stelle unterbrochen wird und in den äußeren Stromkreis fließt. Da beim Rückstellen des abgedrückten Mechanismus ebenfalls Induktionsströme auftreten, ist die Einrichtung so getroffen, daß sich der Zünder nur beim Abfeuern an den Apparat anschaltet. Dies geschieht durch die Kontaktfedern f_1 und f_2, welche sich beim Niederdrücken des Knopfes *D* gegen die Kontakt *p* und *q* legen, bevor die Auslösung der Klinke *s* erfolgt.

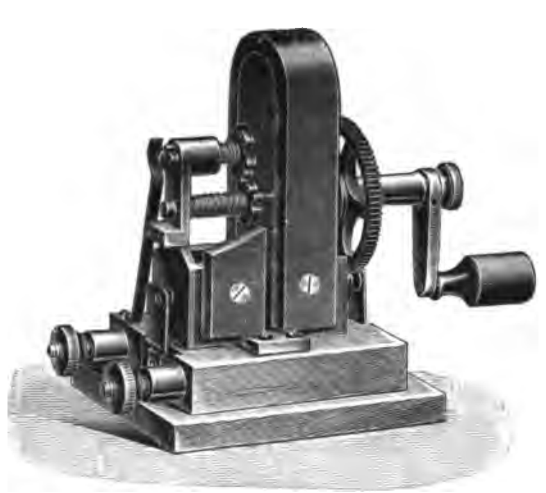


Fig. 33.

Bei einer nach demselben Prinzip konstruierten Maschine der Fabrik elektrischer Zünder in Köln taucht beim Druck auf einen Knopf ein Hufeisenmagnet in zwei Induktionsspulen ein und wird nach dem Loslassen durch eine Feder schnell herausgezogen, wodurch in den anfangs kurz geschlossenen Wickelungen der Strom induziert wird.

Die oben beschriebenen Apparate entsenden bei der Betätigung einen einmaligen Stromstoß in die Leitung; man kann jedoch mit solchen Maschinen einen pulsierenden Dauerstrom erzeugen, wenn man rotierende Anker anordnet. Eine derartige Ausführung besitzt die sog. Pyrothek, welche in Frankreich häufig angewendet wird. Die Spulen befinden sich hier auf den Schenkeln eines ruhenden Magneten, dessen Kraftlinien durch die wechselnde Entfernung eines den magnetischen Schluß bildenden Ankers aus weichem Eisen variieren. Eine auf der Achse angebrachte Kontakteinrichtung schließt den Strom im richtigen Augenblick.

Bei den neueren im Gebrauch befindlichen Maschinen ist die Wickelung auf dem rotierenden Anker untergebracht und dieser besitzt oft die einfache Form des Doppel-T-Ankers. Die Wickelung ist einerseits mit dem Ankerkörper, andererseits durch die hohle Achse mit einem Schleifstück verbunden, von welchem der Strom durch eine Feder abgenommen wird. Die Strom-

stärke hängt von der Schnelligkeit der Drehung ab, daher ist auch bei diesen Apparaten eine entsprechende Einschaltevorrichtung angebracht.

Fig. 33 zeigt den magnetelektrischen Minenzündapparat der SIEMENS & HALSKE A.-G. Die Einschaltung des Stromes erfolgt dadurch, daß die Kurbelachse beim Beginn der Drehung in einer schrägen Führungsnute des Zahnrades gleitet und sich in ihrer Längsrichtung verschiebt. Ein auf der Achse sitzendes Daumenrad macht diese Bewegung mit und kommt in Eingriff mit einem Maltheserkreuz, das nach fünf Kurbeldrehungen einen Kontakt schließt. Beim Loslassen der Kurbel rückt eine Feder den Daumen wieder aus, und das Maltheserkreuz wird durch die Wirkung einer Spiralfeder ebenfalls in seine Ruhelage zurückgeführt. Derartige Zündapparate werden in verschiedenen Größen für 1, 5 und 10 Schuß gefertigt, ihr Gewicht beträgt 1·7 bzw. 2·8 und 5·5 kg.



Fig. 34.



Fig. 35.





Fig. 36.

Statt mit Kurbelantrieb werden solche Maschinen auch mit Zahnstangen als Triebmechanismen ausgestattet, deren stoßweise Bewegung eine schnelle Rotation des Ankers bewirkt.

Eine einfache Triebvorrichtung zeigt auch der in Fig. 34 und 35 abgebildete Apparat der Fabrik elektrischer Zünder zu Köln. Die Betätigung desselben geschieht durch kräftiges Abziehen einer Schnur, welche wie bei einem Kreisel um die mit abnehmbarer Kreiselschraube versehene Achse gewickelt wird. Infolge Fortfallens der sonstigen Antriebsvorrichtung beträgt das Gewicht einer zum Zünden von 5 Schuß ausreichenden Maschine nur 1·6 kg. Da eine besondere Stromschlußvorrichtung nicht vorgesehen ist, so muß der Abzug möglichst kurz und kräftig erfolgen; die Wirkung des Apparates ist daher etwas von der Geschicklichkeit des Arbeiters abhängig.

Um eine von der Bedienung unbeeinflußte Leistung sicherzustellen versieht die Siemens & Halske A.-G. ihren neuen bis 10 Schuß gleichzeitig zündenden Apparat mit Federantrieb (Fig. 36). Die Feder ist direkt auf die Achse des Ankers aufgesetzt, welcher sich zwischen den beiden dem handlichen Gehäuse entsprechend ausgebildeten Polen bewegt. Ein außen angebrachter Ring gestattet die Freigabe der Feder. Das Gewicht des Zündapparates beträgt ca. 2 kg.



Fig. 37.

Dynamo-elektrische Apparate.

Für die gleichzeitige Betätigung einer größeren Anzahl von Schüssen bedient man sich kleiner Hauptstrom- oder Nebenschlußdynamomaschinen mit verschiedenartigem Antrieb. Wichtig ist hier die Wahl des Materials der Feldmagnete, deren remanenter Magnetismus nicht unter ein gewisses Maß heruntergehen darf, damit innerhalb der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit eine genügende Selbsterregung eintreten kann.

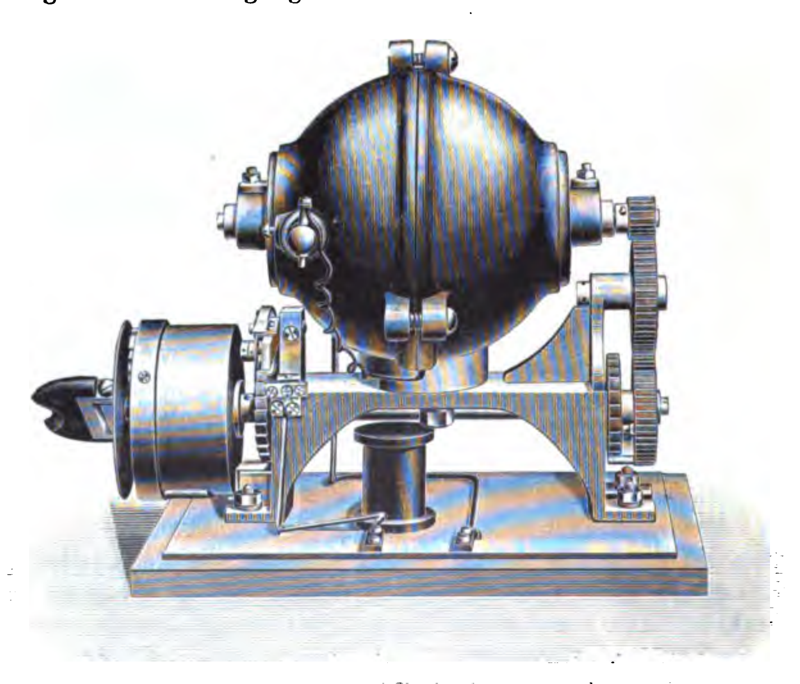


Fig. 38.

Die dynamoelektrische Zündmaschine der Siemens & Halske A.-G. (Fig. 37) ist in einem 160 × 220 × 320 mm großen hölzernen Kasten eingebaut und besitzt die aus Fig. 38 ersichtliche Anordnung der Einzelteile. Eine schematische Darstellung des Apparates zeigt Fig. 39. Bei der Sprengung wird durch Druck auf den Knopf D die Sperrung q aus dem Rade R gerückt, so daß die Triebfeder F mittels des Rädervorgeleges Z den Anker der

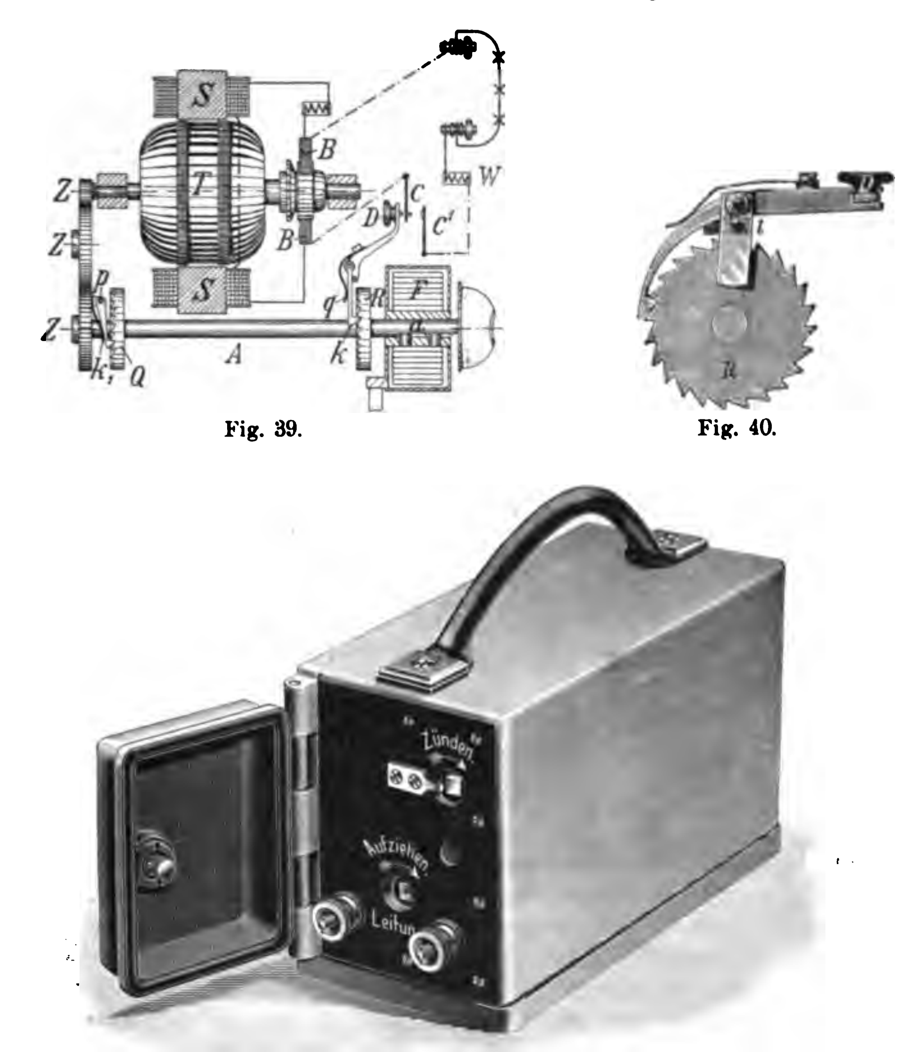


Fig. 39. Fig. 40.

Fig. 41.

Dynamomaschine T in schnelle Umdrehungen versetzen kann. Die Erregerwickelung der Feldmagnete liegt im Nebenschluß zum äußeren Stromkreis, direkt an den Kommutatorbürsten B, und wird beim Beginn der Ankerdrehung vom Ankerstrom durchflossen. Der Anschluß des Leitungskreises geschieht beim Druck auf D durch den Kontakt CC_1, jedoch einen Augenblick später als die Ingangsetzung des Apparates. Der zwischenliegende kurze Zeitraum genügt vollkommen dazu, daß die notwendige Spannung im Anker erreicht wird; dadurch kann eine automatische Anschaltung des äußeren Stromkreises entbehrt

werden. Die Kuppelungsvorrichtung *p Q* dient dazu, das Rädervorgelege nur in einer Richtung mit der Achse *A* zu kuppeln; hierdurch wird bewirkt, daß beim Aufziehen der Feder das Rädergetriebe in Ruhe bleibt, indem der Kuppelungshaken k_1 über die Zähne des Rades *Q* hinweggleitet; beim Ablaufen der Feder dagegen wird er mitgenommen. Sobald aber nach Ablauf der Feder das Rad *Q* stillsteht, kann der Haken wieder über die Zähne des Rades hinweggleiten und somit der Anker bis zur Erschöpfung seiner Schwungkraft auslaufen, ohne daß dabei ein Stoß auf die Feder ausgeübt wird. Zur Vermeidung heftiger Rückschläge auf das Getriebe dient auch ein ständig in den äußeren Stromkreis eingeschalteter Widerstand *w*. Durch eine sich beiderseits an das Rad *R* festklemmende doppelte Schleiffeder *l* (Fig. 40) wird die Bewegung des Gesperres *q* so geregelt, daß es beim Aufziehen sicher in die Zähne des Sperrades *R* eingreift, beim Ablaufen aber von demselben auch dann ferngehalten wird, wenn man den Druckknopf sogleich wieder loslassen würde. Der Apparat wiegt annähernd 9·5 kg und ist imstande ca. 50 hintergeschaltete Glühzünder zu betätigen.



Fig. 42.

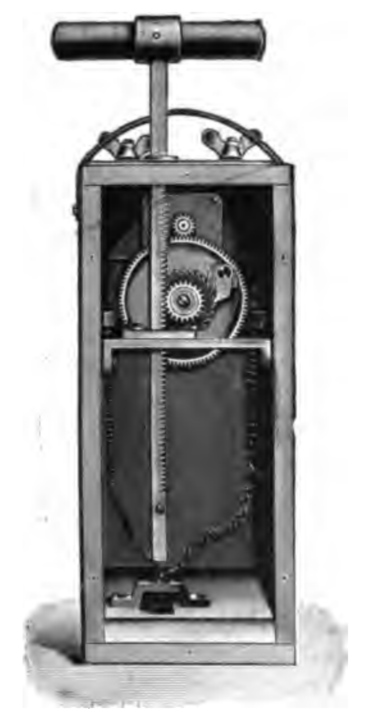
Ein sehr handlicher und leichter, ebenfalls von der Siemens & Halske A.-G. hergestellter Apparat, mit welchem 25 Schüsse mit Sicherheit abgefeuert werden können, ist in Fig. 41 u. 42 dargestellt. Die Nebenschlußdynamomaschine ist hier in einem Zink-Aluminium-Gehäuse eingebaut, welches bei großer mechanischer Festigkeit ein sehr geringes Gewicht besitzt. Der Anker der Dynamo hat einen verhältnismäßig kleinen Durchmesser, so daß er sofort nach dem Auslösen der Sperrung eine große Geschwindigkeit erlangt. Hierdurch ist es ermöglicht, die Ankerzuleitungen ohne Zwischenschaltung eines Einschalters direkt an den äußeren Anschlußklemmen zu befestigen. Der dem Apparat beigegebene Schlüssel dient sowohl zum Öffnen der seitlichen Verschlußtüre, als auch zum Aufziehen und zum Abfeuern. Die Maschine wiegt bei einer Größe von 240 × 100 × 130 mm ca. 5 kg.

Die Fabrik elektrischer Zünder in Köln fertigt die in Fig. 43 und 44 abgebildeten Zündmaschinen mit Zahnstangen und Zugstangenantrieb. Die Apparate sind in kräftigen zum Schutz gegen Feuchtigkeit mit Isolierpappe ausgeschlagenen und verkitteten Holzkästen montiert. Die Wickelungen des Ankers und der Feldmagnete sind hintereinandergeschaltet. Die Betätigung erfolgt durch Niederstoßen oder Hochziehen einer Triebstange, welche den Anker in Rotation versetzt und gleichzeitig in der Endstellung, also im Augenblick der größten Ankergeschwindigkeit den bis dahin bestehenden Kurzschluß des äußeren Stromkreises aufhebt. Die Rückstellung der Triebstange in die

Bereitschaftstellung erfolgt, ohne daß der Anker sich bewegt, da dieser mit der Zahnstange einseitig gekuppelt ist. Die Apparate werden in verschiedenen Größen zum Zünden von 5 bis 25 Schüssen geliefert.

Die Tiermannsche Zündmaschine unterscheidet sich von den vorher beschriebenen in der Hauptsache nur dadurch, daß statt der Triebstange, eine mit dem Handgriff verbundene Mutter angewendet ist, welche sich bei der Bewegung längs der als Spindel ausgebildeten verlängerten Ankerachse bewegt und sie dadurch zur Drehung veranlaßt.

Bei der Maschine von Ch. Gomant in Paris ist die Einschaltevorrichtung für den Strom (D.R.P.) bemerkenswert. Sie besteht aus einem durch den



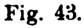


Fig. 43.



Fig. 44.

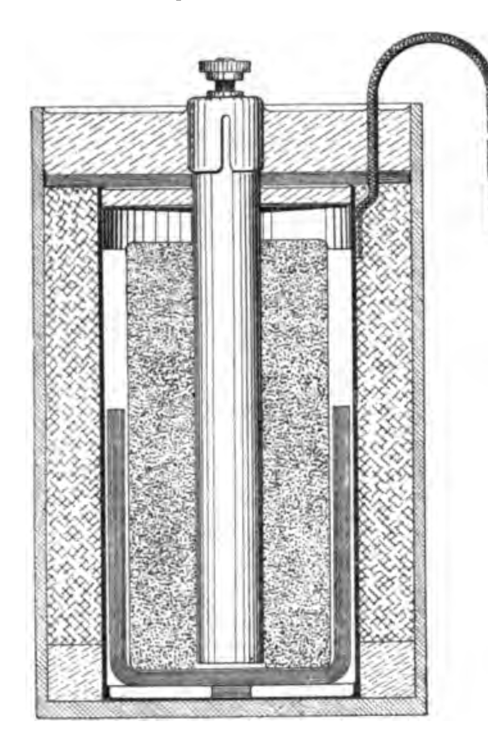
Ankerstrom erregten Elektromagneten, welcher den äußeren Stromkreis anschaltet, sobald der Strom einen gewissen Minimalwert überschritten hat.

Galvanische Elemente und Akkumulatoren.

Galvanische Elemente sind infolge ihrer Fähigkeit bei geringem Gewicht große Stromintensitäten von kleiner Spannung zu erzeugen, für Glühzünder sehr geeignet; sie werden dann in der für die Erzielung der nötigen Spannung erforderlichen Anzahl hintereinandergeschaltet. Eine wichtige Bedingung für diese Elemente besteht darin, daß ihr innerer Widerstand gering sein muß. Aus diesem Grunde benutzte man früher nasse Elemente nach dem Typus Leclanché, Daniell, Bunsen, und besonders die zur Abgabe starker Ströme für kurze Zeit sehr geeigneten Chromsäure-Tauchbatterien. Doch besitzen die nassen Elemente den Übelstand, daß sie nur vorsichtig transportiert werden können, und daß die verwendeten elektrolytischen Flüssigkeiten die Klemmen und Metallteile leicht angreifen, so daß eine dauernde Wartung und häufige Reinigung sich als notwendig erweisen. Sie erfüllen daher die Grund-

bedingung der einfachen Handhabung nicht und dürften wohl kaum noch eine nennenswerte Anwendung finden.

Dasselbe gilt von den Akkumulatoren, trotzdem diese bei geringer Raumbeanspruchung eine noch größere Leistung, höherer Spannung und kleineren inneren Widerstand als die Primärelemente aufweisen. Auch ist das Wiederaufladen manchmal mit Schwierigkeiten verknüpft. Nur wo Akkumulatoren schon für andere Zwecke vorhanden sind, wie bei Verwendung elektrischer Grubenlampen, deren Bewährung übrigens ebenfalls noch unsicher ist, kann ihre gleichzeitige Benutzung zur elektrischen Zündung gerechtfertigt sein. Ob die auf dem Gebiet der sogen. Trockenakkumulatoren gemachten Fortschritte zu einer größeren Verbreitung derselben führen werden, bleibt abzuwarten.



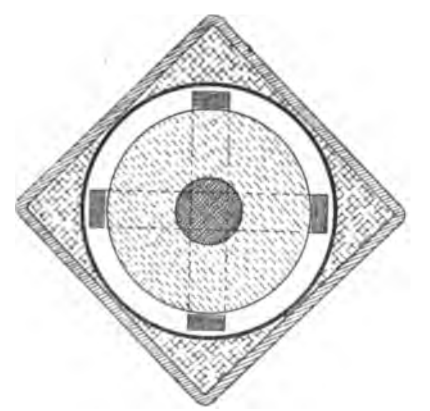


Fig. 45.

Dagegen haben sich in letzter Zeit die Trockenelemente für Zündzwecke immer mehr eingeführt, da sie hierfür infolge ihrer leichten Transportierbarkeit, der sauberen Handhabung und des Fehlens jeder Wartung besonders geeignet sind. und ihr früher bestehender Mangel an Haltbarkeit durch die Verbesserungen auf diesem Gebiet behoben sind. Die Klemmenspannung neuer Elemente beträgt bei Einschaltung des Stromes ca. 1·4 Volt und sinkt im Laufe der Zeit ständig in dem Maße, wie ihre Depolarisationsfähigkeit ab-, und der innere Widerstand zunimmt.

Besonders viel verwendet wurden die von der Siemens & Halske A.-G. fabrizierten Trockenelemente System Hellesen. Dieselben bestehen, dem Léclanché-Typus entsprechend aus einer runden Zinkelektrode und der mit Braunstein als Depolarisator umgebene Kohlenelektrode. welche in die erstere zentrisch eingesetzt wird. Zwischen beiden befindet sich eine in Gipsmischung suspendierte Salmiaklösung als Elektrolyt. Über der Braunsteinmasse ist eine Schicht Reisspreu angeordnet, in welche ein Ventilationsrohr hineinragt, um den Austritt der im Element sich entwickelnden Gase zu vermitteln. Der Zinkzylinder befindet sich in einem

lackierten Pappkasten, worin er durch eine Deckschicht von Asphaltmasse abgeschlossen wird.

Da die Elemente beim Zünden immer nur für kurze Zeit, aber mit größerer Stromentnahme beansprucht werden, so kommt es dabei weniger auf große Leistungskapazität, als auf gute Konservierung und Beibehaltung eines kleineren inneren Widerstandes an. Bei den Hellesen- und vielen ähnlich konstruierten Trockenelementen verhinderte die zur Ventilation benötigte Entgasungsvorrichtung den absoluten Abschluß des Elementinneren



Fig. 46.

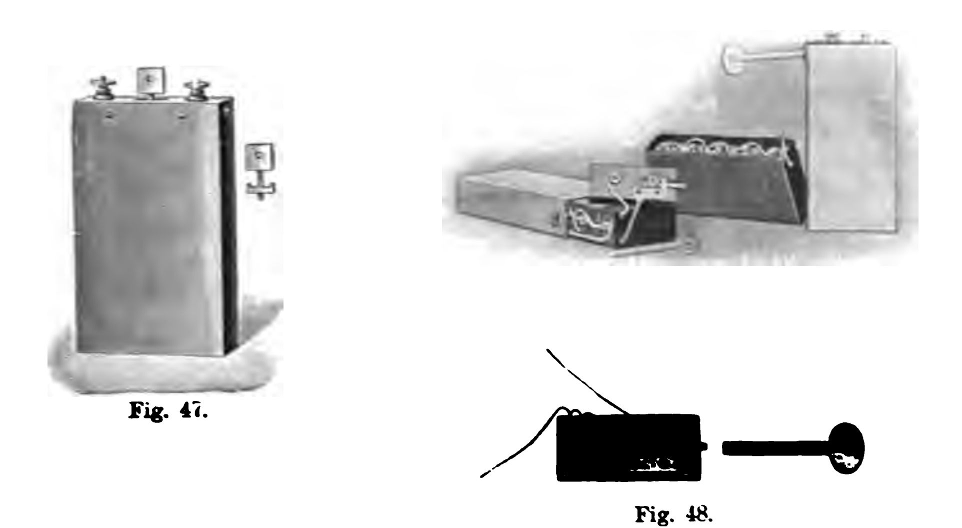


Fig. 47.

Fig. 48.

gegenüber der äußeren Atmosphäre, so daß infolge Verdunstens der Elektrolytflüssigkeit eine Abnahme der Leistungsfähigkeit eintrat, ohne daß ein Verbrauch durch Stromentnahme stattgefunden hätte. Bei den von der Siemens & Halske A.-G. neuerdings hergestellten Elementen Type *T* (D.R.P.) wird eine bessere Konservierung dadurch erreicht, daß infolge einer besonderen Anordnung der Abschlußorgane (Fig. 45) und der eigenartigen Zusammensetzung des Elektrolyten eine Entgasungsvorrichtung nicht benötigt wird. Die entwickelten Gase werden vom Elektrolyten wieder aufgenommen, so daß ein Austreten oder Auftreiben der Füllmasse nicht zu befürchten ist. Die Elemente werden in verschiedenen

Größen gefertigt (Fig. 46) von denen hauptsächlich die kleineren für Minenzündzwecke Verwendung finden.

Zündbatterien werden in verschiedenen Größen zum Zünden von 1 bis 30 gleichzeitigen Schüssen, in Holz-, Isolit- oder Metallkästen zusammengestellt. Da bei ihnen die Gefahr vorliegt, daß durch unbeabsichtigtes Berühren der Klemmen mit den Leitungen eine vorzeitige Zündung bewirkt wird, so besitzen sie meistens eine nur durch besondere Handgriffe zu betätigende Einschaltevorrichtung. Einen Apparat nach dem System Meyer-Shamrok der Siemens & Halske A.-G. zeigt Fig. 47, in welcher auch der Sicherheitsschlüssel zum Abfeuern sichtbar ist. Fig. 48 läßt die Einzelheiten der Einschaltevorrichtung erkennen, welche die Fabrik elektr. Zünder in Köln bei ihren Zündbatterien verwendet. Der Kontakt wird durch Druck auf den Schlüssel vermittelt; eine dadurch angespannte Feder läßt den Schlüssel nach dem Gebrauch selbsttätig wieder herausschnellen. Die Firma Grillo in Düsseldorf baut klemmenlose Zündmaschinen nach dem System Lisse, bei welchen die Drähte auf zwei federnde Druckknöpfe *a* (Fig. 49) gelegt und beim Zünden mit denselben nach unten gedrückt werden, wodurch bei *b* der Strom geschlossen wird. Die Drähte können hierbei also nicht durch Unachtsamkeit an der Maschine belassen werden.

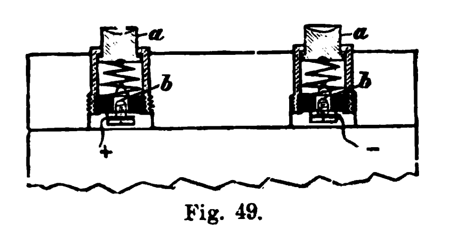


Fig. 49.

Zündung durch Anschluß an Starkstromleitungen.

Es liegt der Gedanke nahe, die Zündung der Schüsse durch Anschluß an vorhandene Starkstromleitungen zu bewirken. In der Tat sind auch bereits zu diesem Zwecke Einschaltevorrichtungen konstruiert worden, welche das exakte und gleichzeitige Anlegen beider Zündleitungen an die Starkstromdrähte sichern sollen. Doch stehen der Anwendung dieses Verfahrens erhebliche Bedenken entgegen, weil infolge des stets vorhandenen Erdschlusses solcher Anlagen hierbei eine besonders gute Isolation der Zündleitungen erforderlich ist. Jedenfalls muß bei dieser Zündart große Vorsicht angewendet werden, welche nicht immer beachtet wird und werden kann. In Deutschland hat sie sich daher nicht einbürgern können.

6. Die Gruppenschaltung von Zündern.

Bei Mehrfachzündung werden die einzelnen Zünder immer eine gewisse Ungleichmäßigkeit aufweisen, und zwar sowohl in der Empfindlichkeit als auch hinsichtlich des Widerstandes. Bei Zündern der gleichen Art sind Empfindlichkeit und Widerstand voneinander abhängig, Zünder mit höherem Widerstand werden durch einen geringeren Strom betätigt werden als solche mit niedrigem Widerstand. Wenn der Zündstrom langsam anwächst, so explodieren demnach die Ladungen mit empfindlichen Zündern zuerst; bei Hintereinanderschaltung würden diese dann vorzeitig den Stromkreis für die übrigen unterbrechen. Daher schaltet man Spaltzünder, bei denen die Empfindlichkeit sehr verschieden ist, lieber parallel, sobald eine Stromquelle verwendet wird, welche zur Erreichung der vollen Stromstärke eine gewisse Zeit benötigt. In diesem Falle ist, selbst wenn ein Schuß vor den anderen gezündet wird, der Stromkreis für die übrigen nicht unterbrochen, es werden

jedoch alle Zünder betätigt sein, ehe die Explosion der zuerst gezündeten Ladung selbst die Zuleitungen unterbricht. Die Zeitdifferenz zwischen den einzelnen Zündungen wird noch dadurch vermindert, daß die unempfindlicheren Zünder entsprechend ihrem kleineren Widerstand ein größerer Strom durchfließt. Bei Stromquellen, welche nach dem Einschalten mit voller Stromstärke einsetzen, ist die Hintereinanderschaltung angebracht. Wenn der Zündstrom genügend stark gewählt wird, so erfolgt die Zündung sämtlicher Schüsse auch bei Verschiedenheiten der Empfindlichkeit gleichzeitig. Diese Schaltung wird deshalb für Funkenzünder ausschließlich verwendet, da hier beim Ausgleich durch den Funken die ganze verfügbare Elektrizitätsmenge momentan in voller Stärke zur Wirkung kommt, andererseits würde bei der Parallelschaltung der Funke sich nur in dem empfindlichsten Zünder ausbilden. Glühzünder können in beiden Schaltungen verwendet werden, da die Unterschiede in ihrem Widerstand nicht so sehr ins Gewicht fallen. Verschiedene Gründe sprechen jedoch für die Hintereinanderschaltung. Vor allem kann hierbei eine schußbereite Zündanlage mit Hilfe eines Galvanoskops

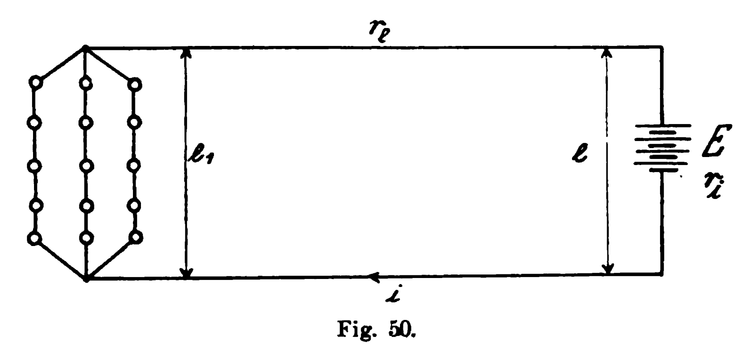


Fig. 50.

auf ihren guten Zustand geprüft werden, was im Interesse der Sicherheit sehr erwünscht ist; der Ausschlag des Galvanoskops läßt auch einen Schluß darauf zu, ob die Verbindungsstellen mit der nötigen Sorgfalt hergestellt sind. Bei Parallelschaltung hingegen ist eine solche Kontrolle nicht möglich, und es kann dadurch, daß ein Zünder schlecht angeschlossen ist, ein Versagen des betr. Schusses eintreten. Ferner ist der Leitungsbedarf bei Hintereinanderschaltung bedeutend geringer und die Arbeit beim Verlegen einfacher als bei Parallelschaltung.

Manchmal wird man mit Rücksicht auf die unzureichende Spannung einer vorhandenen Stromquelle allerdings von der reinen Hintereinanderschaltung absehen müssen. Man wendet dann die Gruppenparallelschaltung an (Fig. 50). Bezeichnet J den Strom in einem Zünder, so durchfließt Stromquelle und Leitung bei Parallelschaltung von n Gruppen von je z hintereinandergeschalteten Zündern ein Strom $i = n\,J$. Es gilt dann die Beziehung

$$E - n\,J\,r_i = e = n\,J\,r_l + e_1$$

$$e_1 = z \cdot J\,r_z$$

$$e = J\,(n\,r_l + z\,r_z) \qquad J = \frac{e}{n \cdot r_l + z\,r_z}$$

wenn E die EMK., e die Klemmenspannung der Stromquelle, r_i ihren Widerstand, r_l den Widerstand der Leitung, r_z den der Zünder bezeichnet. Ist E und r_i oder e bekannt, so kann entsprechend dieser Formel z so gewählt werden, daß der berechnete Strom J ungefähr gleich dem benötigten Zünderstrom ist, der

im allgemeinen um so reichlicher bemessen wird, je größer die Anzahl der hintereinandergeschalteten Zünder ist. Um beim Zünden derselben Anzahl $n \cdot z$ Schüsse die Stromquelle momentan nicht mit dem Strom $n \cdot J$ sondern nur mit dem Strom J zu belasten, können die einzelnen Gruppen n auch kurz nacheinander eingeschaltet werden (Successivzündung). Diese Art hat jedoch den Nachteil, entsprechend der Anzahl der Gruppen mehrerer Zuleitungen zu bedürfen.

7. Vergleich der verschiedenen elektrischen Zündungsarten.

Bei Verwendung von Zündern für hohe Spannung kommt der Widerstand der Zuleitungen wenig in Betracht, es können daher dünne Eisendrähte benutzt werden; auch die Zünder selbst sind einfach und billig und die Stromquellen gestatten ohne weiteres die Hintereinanderschaltung einer sehr großen Anzahl von Zündern, ohne daß die Zündsicherheit dadurch beeinträchtigt wird. Dennoch bilden die unbedingt erforderliche gute Isolation der Leitungen, die Verwendung von Zündern und Stromquellen, welche gegen äußere Einflüsse sehr empfindlich sind und die Ermangelung einer Kontrolle über den Zustand der ganzen Anlage einen wesentlichen Hinderungsgrund gegen die allgemeinere Einführung dieser sonst so billigen Zündungsart. In Schlagwettergruben ist die Funkenzündung ganz unzulässig, weil durch Funken, welche vor dem Zünder zwischen den Leitungen oder zur Erde überspringen könnten, bereits eine Explosion der schlagenden Wetter herbeigeführt werden könnte.

Aus diesem Grunde werden neuerdings meistens Spaltglühzünder und Glühzünder benutzt. Erstere sind billiger als die Brückenzünder, und der benötigte Strom ist kleiner, als bei diesen; doch ist bei Mehrfachzündung die Verwendung von Glühzündern wegen ihrer größeren Gleichmäßigkeit anzuraten, zumal sie hintereingeschaltet und in der fertigen Anlage durchgeprüft werden können.

8. Die Prüfapparate.

Eine systematische, nach jeder Richtung durchgeführte Untersuchung der Zündanlage vor dem Gebrauch ist für die Sicherheit des Betriebes von großer Wichtigkeit, auch trägt sie wesentlich dazu bei, das Schießpersonal zur richtigen Beurteilung des Zustandes einer betriebfertigen elektrischen Zündanlage zu erziehen, wodurch es alleine möglich wird, die Zündmethode den bestehenden Verhältnissen bestens anzupassen. Eine derartige Prüfung sollte daher vor jeder Zündung vorgenommen werden, zumal dieselbe nicht zeitraubend und mit den einfachsten Apparaten durchzuführen ist. Der Schießmeister soll sich aber auch durch regelmäßig vorzunehmende Messungen von dem guten Zustand der verwendeten einzelnen Betriebsmittel überzeugen.

Zur Prüfung der gesamten Zündanlage und ihrer einzelnen Bestandteile sind eine Anzahl von z. T. besonders für diesen Zweck konstruierter Meßapparate im Gebrauch. Am meisten benutzt werden die Leitungsprüfer

(Fig. 51), welche aus einem Galvanoskop mit eingebautem Trockenelement bestehen. Durch entsprechende Wahl des Galvanometerwiderstandes kann der Prüfstrom so klein gehalten werden, daß durch das Element selbst bei sehr kleinem äußeren Widerstand eine Zündung nicht erfolgen kann. Die Apparate dürfen aber nicht gestatten, daß das Trockenelement ohne diesen Vorschaltwiderstand an die Leitung angeschlossen werden kann, auch muß auf sorgfältige Herstellung der Galvanometerwickelung geachtet werden, um Kurzschlüssen in derselben vorzubeugen. Immerhin wird es anzuraten sein mit solchen Apparaten Zünder, welche Sprengkapseln enthalten, nicht anders als unter Einhaltung der größten Vorsichtsmaßregeln zu prüfen.



Fig. 51.

Statt des Galvanoskops kann auch ein Telephon zur Untersuchung der Leitungen und Zünder auf Leitfähigkeit benutzt werden; dasselbe läßt beim Einschalten einer kleinen Stromquelle ein Knacken vernehmen, wenn der Stromweg in Ordnung ist.

Bei mehreren Zündmaschinen ist die Prüfvorrichtung im Apparat selbst untergebracht; es wird dann durch einen Umschalter vor der Zündung ein



Fig. 52.



Fig. 53.

Stromanzeiger mit großem Widerstand in die Leitung eingeschaltet. Häufig wird dazu ein einfacher Wecker benutzt.

Eine genauere Untersuchung gestatten die Ohmmeter, welche den Widerstand der angeschalteten Leitungen und Zünder direkt angeben. Man kann aus der Feststellung, ob dieser Widerstand dem nach der Vorausberechnung zu erwartenden entspricht, einen besseren Schluß auf die Gebrauchsfähigkeit der Anlage ziehen. Ein solches für Glühzünder verwendbares Ohmmeter der Siemens & Halske A.-G. zeigt Fig. 52, einen nach dem System Lisse gebauten

Apparat der Firma M. GRILLO, Düsseldorf Fig. 53. Für Spaltglühzünder baut die Fabrik elektrischer Zünder zu Köln den in Fig. 54 dargestellten Apparat, welcher entsprechend dem höheren Widerstande dieser Zünder ein empfindlicheres Galvanometer enthält.

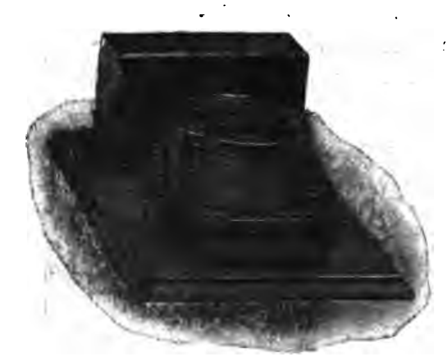


Fig. 54.

Zur Ermittelung des benötigten Effektes bei Glühzündern dient der Pendelapparat der SIEMENS & HALSKE A.-G. (Fig. 55). Das Ansprechen der Zünder wird nicht allein von der Größe, sondern auch von der Dauer des hindurchgehenden Stromes bestimmt. Da nun bei den magnetelektrischen und dynamoelektrischen Maschinen die Stromdauer begrenzt ist, so müssen Zünder, welche mit derartigen Apparaten betätigt werden sollen, mit Stromstößen von bestimmter Zeitdauer untersucht werden. Bei dem Pendelapparat wird diese Zeit bestimmt durch das Vorbeischleifen eines Pendels an einer Kontaktschleiffeder. Das Pendel ist in der aus der Figur ersichtlichen Lage arretiert, es schwingt nach Auslösung der Hemmung



Fig. 55.

an dem Kontakt vorbei und wird am Ende der Bewegung in der Fangvorrichtung festgehalten. Der Prüfstrom kann mit einem Regulierwiderstand eingestellt und mit dem Amperemeter gemessen werden.

Zur Untersuchung längerer Minenzündkabel auf Widerstand, Isolation, Kapazität und zur Fehlerortsbestimmung empfiehlt sich die Verwendung der von der SIEMENS & HALSKE A.-G. hergestellten tragbaren Kabelmeßschaltung (Fig. 56). Dieselbe enthält ein empfindliches Galvanometer, eine Batterie von 105 kleinen Trockenelementen und einen Zellenschalter zur Regelung der Spannung, sie gestattet durch einfache Umschaltung eine bequeme Messung der verschiedenen Größen.

Die Stromquellen werden entweder durch direkte Strom- und Spannungs-

messungen, oder unter Anschaltung eines den praktischen Verhältnissen möglichst angepaßten Belastungswiderstandes geprüft.

Nach dem ersten Verfahren geschieht die Untersuchung galvanischer Elemente mittels des Batterieprüfers (Fig. 57). Aus der elektromotorischen Kraft im unbenutzten Zustande und der Klemmenspannung bei Einschaltung eines in den Apparat eingebauten Widerstandes kann man den Zustand der Batterie leicht beurteilen.



Fig. 56.



Fig. 57.



Fig. 58.

Für alle anderen Stromquellen ist die zweite Methode besser geeignet. Bei der Prüfung werden oft besonders sorgfältig hergestellte Normalzünder verwendet; eine brauchbare Stromquelle muß imstande sein, einen solchen Normalzünder zu betätigen, wenn er mit einem Widerstand hintereinander geschaltet ist, welcher die Zuleitungen und eventuelle vorgeschaltete Zünder ersetzt. Der Stromquellenprüfer der Fabrik elektrischer Zünder in Köln (Fig. 58) gestattet nicht allein den Widerstand der Zündleitung selbst, sondern auch den Nebenschuß infolge mangelhafter Isolation durch Einschaltung äquivalenter Widerstände zu berücksichtigen. Da die Verwendung von Normalzündern bei häufigen Prüfungen zu kostspielig ist, werden die-

selben auch durch kleine Glühlampen ersetzt, deren Aufleuchten das richtige Arbeiten der Stromquelle anzeigt.

9. Betriebsvorschriften.

Eine eingehende Instruktion des Schießpersonals ist im Interesse eines glatten und gefahrlosen elektrischen Sprengbetriebes durchaus geboten; die Sprengarbeit sollte ausschließlich in die Hand eines mit den erforderlichen Kenntnissen ausgestatteten Schießmeisters gelegt werden. Der Träger der Schießerlaubnis soll den Schlüssel zum Einschalten der Stromquelle immer bei sich tragen und die Schüsse selbst abfeuern, da sonst leicht durch mangelhafte Verständigung des Schießmeisters mit dem Abfeuernden Unglücksfälle herbeigeführt werden können.

Zur Unterweisung des Schießpersonals sind von verschiedenen Firmen handliche Druckschriften herausgegeben, in denen die Bestandteile der elektrischen Zündanlagen in leicht faßlicher Weise erklärt, die Behandlung der Apparate und Zünder besprochen und die Herstellung einer Anlage erläutert wird. Die Schriften enthalten meistens noch eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Verhaltungsmaßregeln, in welchen auf die Punkte besonders aufmerksam gemacht wird, in denen erfahrungsgemäß am meisten gefehlt wird.

Eine derartige Betriebsvorschrift der Siemens & Halske A.-G. sei hier beispielsweise wiedergegeben:

Zünder trocken lagern, vorsichtig behandeln und prüfen, besonders solche mit eingesetzter Sprengkapsel.

Zündmaschinen sauber und trocken halten, Apparate mit Federantrieb ganz aufziehen.

Leitungen trocken und in möglichst großem Abstand voneinander und von Metallteilen verlegen, nicht eher an den Zündapparat legen, bis Anlage schußbereit ist, und nach dem Schuß sofort wieder abnehmen.

Verbindungen sauber ausführen, Drähte blank machen und fest miteinander verdrillen.

Schlüssel oder Kurbel immer in Verwahr halten und gleich nach Zündung wieder abziehen.

Bei richtiger Handhabung der elektrischen Zündmethode kommen Versager kaum vor, wie angestellte Erhebungen gezeigt haben; ungünstige Erfahrungen bei der elektrischen Zündung sind lediglich auf Nachlässigkeit in der Befolgung der notwendigen Maßregeln zurückzuführen.

10. Vergleich der gebräuchlichsten Zündmethoden.

Sicherheit. Hinsichtlich der Sicherheit des Schießpersonals beim Abtun der Schüsse, eines der Hauptziele der Sprengtechnik, stehen die Halm- und Schnurzündung bedeutend hinter der elektrischen Zündung zurück. Es ist erwiesen, daß die Mehrzahl der Unglücksfälle in den Unvollkommenheiten jener Methoden ihre Ursachen haben. Die Brenndauer der Zündmittel ist ungewiß, so daß ein vorzeitiges Losgehen der Schüsse infolge zu kurz bemessener oder zu schnell brennender Zündschnur erfolgen kann, andererseits ist eine Verzögerung der Explosion durch Feuchtigkeit oder Fehlerstellen in der Pulverseele nicht

ausgeschlossen, was bei gleichzeitiger Abgabe einer größeren Anzahl von Schüssen leicht übersehen wird und deshalb gefährlich ist. Dazu kommt die leichte Entzündbarkeit des Halmes und der Zündschnur, welche bewirken kann, daß ein zu früh fertig gemachter Schuß durch einen anderen entzündet wird. Bei der aus gewissen Rücksichten in Steinbrüchen noch gestatteten Verwendung von losem Pulver besteht die Gefahr, daß die Feuerquelle durch direkte Entzündung des Sprengmittels Frühzündungen herbeiführt; beim Schnur-, Lassen- und Kesselschießen muß man damit rechnen, daß Stücke der zum Vorschießen verwendeten Zündschnur im Gestein verbleiben, dort nachglimmen und beim Einschütten der nächsten Pulverladung eine sofortige Explosion veranlassen. Alle diese Übelstände werden durch die elektrische Zündung vermieden, da dieselbe ermöglicht, die Zündungen aus großer Entfernung vorzunehmen und den Zeitpunkt der Explosion beliebig anzusetzen und zu verschieben. Die Zündung erfolgt auf jeden Fall erst, wenn alle beteiligten Personen sich in Sicherheit gebracht haben, ohne dazu den manchmal schwer zugänglichen Sprengort betreten zu müssen.

Die Gefahr der Entzündung von Schlagwettern wird bei Anwendung der elektrischen Zündung bedeutend vermindert. Die Explosion der Ladung selbst führt im allgemeinen keine Entzündung herbei, da sie, namentlich bei brisanten Sprengstoffen, unter dem Besatz so schnell verläuft, daß eine Flammenbildung sich nur im unverletzten Bohrloch zeigt. Bei der elektrischen Zündung fällt aber auch das gefährliche Anbrennen der Zündschnur weg, und es ist keine Zündspur vorhanden; die Zündung erfolgt im Bohrloch selbst, sie kann sogar ohne Bedenken in die Mitte der Ladung verlegt werden, so daß jede Funken- und Flammenbildung ausgeschlossen wird. Ein weiterer Vorteil ist die Vermeidung von Rauch und Qualm, welche besonders bei mangelhaftem Wetterwechsel das Arbeiten am Sprengort sehr beschwerlich machen; die Sprengmannschaft kann daher nach dem Abfeuern des Schusses früher an die Arbeitsstätte zurückkehren. Das vollkommen gleichzeitige Abtun mehrerer Schüsse ist nur auf elektrischem Wege möglich; in Schlagwettergruben muß daher für Mehrfachzündung immer die elektrische Methode angewandt werden, da es hier sonst vorkommen kann, daß der erste Schuß Schlagwetter freimacht, welche durch den darauf folgenden zur Entzündung kommen.

Die oben angeführten Vorzüge sind zum Teil auch bei der Abziehzündung vorhanden, doch haftet dieser Zündart der Übelstand an, daß beim Besetzen der Schüsse durch Unvorsichtigkeit sehr leicht Unfälle entstehen können.

Die Kosten der elektrischen Einzelzündung sind für geringe Bohrlochtiefen etwas höher als diejenigen der Schnurzündung, wenn man nur die Anschaffungs- und Amortisationskosten der verwendeten Betriebsmittel in Betracht zieht. Bei Mehrfachzündung und tieferen Bohrlöchern stellen sich die Kosten ungefähr gleich, oder sogar für die elektrische Zündung niedriger, besonders, wenn die Verwendung von Sicherheitszündschnur vorausgesetzt wird. Zugunsten der elektrischen Zündung spricht aber noch die Zeitersparnis, welche durch Wegfall der Wartezeit während des Brennens der Zündschnur, durch Verminderung der Bohrarbeit bei Mehrfachzündung und durch Verringerung des zum Abräumen der Massen erforderlichen Zeitaufwandes erzielt wird. Angesichts der Vorteile der elektrischen Zündung ist der Kostenunterschied jedenfalls nicht von Belang. **Kosten.**

Benutzte Literatur.

Bornhardt, Die elektrische Minenzündung, Braunschweig.
Chalon, Le tirage des mines par l'électricité, Paris.
Denker, Die elektrische Zündung in Steinbrüchen, Berlin.
Eissler, The modern high explosives, New York.
Fabrik elektrischer Zünder. Die elektrische Zündung im Bergbau, Cöln.
Guttmann, Handbuch der Sprengarbeit, Braunschweig.
Heise, Sprengstoffe und Zündung der Sprengschüsse.
v. Renesse, Die elektrische Minenzündung, Berlin.
Siemens & Halske, Elektrische Minenzündung, Berlin.
Wächter, Anwendung der Elektrizität für militärische Zwecke, Wien.
Zickler, Die elektrische Minenzündung. Braunschweig.

Glückauf, Berg- und Hüttenmännische Wochenschrift, Essen.
Österreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen. Wien.

Feuertelegraphie

bearbeitet

von

H. Freytag.

I. Einleitung.

Die Schnelligkeit und Sicherheit, welche durch die Anwendung elektrischer Signalapparate gegenüber jeder anderen Art der Nachrichtenübermittelung erreicht werden konnte, führte bald nach Erfindung des elektrischen Telegraphen dazu, die Telegraphie auch der Feuerwehr dienstbar zu machen. So wurde von KARL AUGUST VON STEINHEIL bereits im Jahre 1848 in München eine elektrische Einrichtung zur Übermittelung von Feuermeldungen zur Anwendung gebracht. Es erhielten zu diesem Zwecke die Turmwächter eine Drucktaste, mit welcher sie verabredete Signale auf einer über die Dächer geführten Leitung nach dem Wachzimmer der Feuerwehr mittels kleiner Alarmglocken geben konnten. Etwa zur gleichen Zeit stellte die Stadt New York eine Drahtverbindung zwischen acht Glockentürmen und dem Rathausturm her, um Feueralarmsignale übermitteln zu können.

Schon im Jahre 1847 schrieb WERNER SIEMENS in einem Briefe an HALSKE folgendes:

> „Bestellungen, die uns ziemlich sicher sind, sind ferner eine Anlage in Berlin, um die Spritzenhäuser und Polizeibureaux durch Glockenwerke miteinander zu verbinden“.

Diese Anlage kam unter Verwendung der bekannten SIEMENSschen Zeigertelegraphen [1]) im Jahre 1852 zur Ausführung. Der Zeigertelegraph fand dann auch in anderen Städten für Feuermeldezwecke Eingang; eine derartige umfangreiche Anlage bestand noch bis zum Jahre 1903 in Dresden.

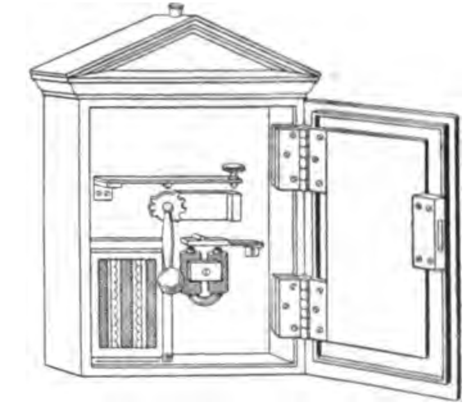


Fig. 1.

Nach ALEXANDER JONES [2]) hatte DR. CHANNING auf die Verwendung der Telegraphie für städtische Zwecke sowohl zur Weitergabe von Polizeisignalen als auch von Feuermeldungen hingewiesen und Pläne und Anschläge zur Errichtung einer Telegraphenanlage im Jahre 1847 dem Bürgermeister von Boston eingereicht.

Diese Projekte, nach denen dann im Jahre 1852, also zu derselben Zeit wie in Berlin, in Boston eine Feuermeldeanlage ausgeführt wurde, sahen nach GEORGE PRESCOTT [3]) unter anderem einen in Fig. 1 wiedergegebenen

1) Vgl. Handbuch der Elektrotechnik, Bd. XII, Telegraphie und Telephonie.
2) ALEXANDER JONES, Historical Sketch of the Electric Telegraph, 1852.
3) GEORGE PRESCOTT, History of the Electric Telegraph, 1860.

Apparat (Feuermelder) vor, von welchem zunächst in dieser Anlage 50 Stück Verwendung fanden. PRESCOTT schreibt über diesen Melder ungefähr folgendes:

> „Wenn man die Tür des Signalkastens öffnet, sieht man eine Kurbel. Verbunden mit dieser Kurbel sind 2 Signaldrähte, die zur Zentralstation gehen. Dreht man die Kurbel, so wird die Nummer des Feuer-Distriktes und des Kastens mitgeteilt. Wiederholte Umdrehungen geben ein wiederholtes Signal. Hierdurch wird ein korrektes Signal beim Umdrehen der Kurbel gegeben, so dumm auch die Person sein mag, welche das Signal abgibt.“

Mit dem letzten Satze ist der Zweck eines Feuermelders treffend charakterisiert. Es soll mit einem solchen Apparat jedermann die Möglichkeit ge-

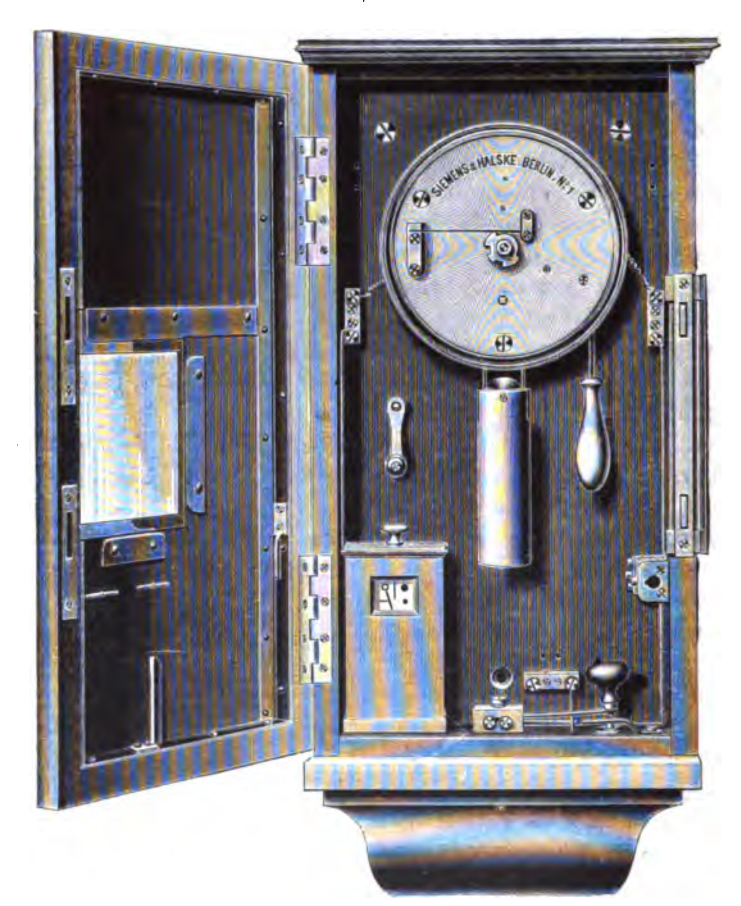


Fig. 2.

boten werden, durch Abgabe eines ganz bestimmten Signals, welches den Standort des benutzten Melders auf einer Zentralstelle kennzeichnet, die Feuerwehr zu diesem Melder zu rufen. Die Hauptbedingung ist daher, daß an die Intelligenz desjenigen, der die Meldung abgibt, so gut wie keine Anforderungen gestellt werden, umsomehr, als der Betreffende sich fast immer in Aufregung befinden wird.

Die Verwendung der Kurbel zur Abgabe des Signals erfüllt jedoch diese Bedingung noch keineswegs, da bei zu häufigem, zu schnellem oder

zu langsamem Umdrehen leicht Irrtümer infolge unklarer Wiedergabe des Signals auf der Zentralstelle hervorgerufen werden können.

WERNER SIEMENS hatte unter Berücksichtigung aller dieser Umstände bei Erfindung seines Feuermelders ein mechanisches Laufwerk vorgesehen, welches, durch Zug an einem Handgriff ausgelöst, automatisch eine Typenscheibe in Umdrehung versetzte. Durch Anwendung des Laufwerkes fielen alle der Kurbel anhaftenden Nachteile fort. Erst mit der Einführung dieses Feuermelders beginnt die ausgedehnte allgemeine Verwendung der Feuertelegraphie im öffentlichen Leben.

Die ersten Feuermelder mit Laufwerk wurden im Jahre 1852 in Berlin eingeführt; die Ausgestaltung derselben zeigt Fig. 2.

Der mit der Fabrikationsnummer 1 versehene Melder befindet sich heute im Museum für Meisterwerke in München, nachdem er fünfzig Jahre ununterbrochen im Betriebe gewesen ist.

Während im Laufe der Zeit für die Empfangsapparate mehrere voneinander völlig abweichende Systeme entstanden sind, ist die von WERNER SIEMENS angegebene Ausbildung des Melders bis heute maßgebend geblieben, es dürfte daher angezeigt sein, mit der Beschreibung der Feuermelder zu beginnen.

II. Feuermelder.

A. Ausgestaltung.

Die Abbildungen 3 bis 12 geben einige neuere Feuermeldertypen wieder.[1]) Von der früher fast allgemein gebräuchlichen Anbringung der Melder im Innern der Häuser ist man gänzlich abgekommen. Es werden, um eine möglichst schnelle Alarmierung der Feuerwehr zu erreichen, nur noch die jedermann zugänglichen, in Abständen von 300 bis 400 m voneinander angebrachten Straßenmelder benutzt, deren eiserne Gehäuse zur Verwendung für Wand- oder Standmelder bzw. für Befestigung an Masten oder Straßenlaternen entsprechend ausgebildet sind. Die Standmelder (Fig. 12) werden oftmals mit einer an einem Mast befestigten Laterne mit farbigem Glas versehen, um die Auffindung bei Nacht zu erleichtern.[2]) Nur die Laufwerke der für den Schutz einzelner Gebäude bestimmten Privatmelder werden — bei Verwendung als Innenmelder — noch vielfach in einem Holzgehäuse untergebracht (Fig. 10).

In der Tür der Straßenmelder ist der dem Publikum zugängliche Teil des Auslösemechanismus, der Zuggriff bzw. Druckknopf, untergebracht und durch eine dünne Glasscheibe abgedeckt (Fig. 4, 6). Die früher sehr gebräuchliche Anordnung der Auslösevorrichtung hinter einer verschlossenen Tür mit Sperrschloß zur Verhütung von Mißbrauch wird nur noch ausnahmsweise in Anwendung gebracht, da infolge des Herbeischaffens eines Schlüssels eine Verzögerung in der Abgabe der Meldung unvermeidlich ist.

Die GAMEWELL Co. New York verwendet für die Auslösung der Melder vielfach einen freiliegenden, hervorstehenden Drehgriff (Fig. 9), welcher

1) Fig. 3 Ausführung von A.-G. MIX & GENEST, Berlin. — Fig. 4 bis 8, 10 bis 12 von SIEMENS & HALSKE A.-G. Berlin. — Fig. 9 von der Gamewell Fire-Alarm Telegraph Company, New York.

2) Abbildungen siehe Tafel I.

jedoch mehr zu mißbräuchlicher Benutzung verleitet, als ein verdeckt und außerdem unter Glasscheibe liegender Griff. Die Verwendung einer Glasscheibe



Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6

Fig. 7. Fig. 8.

hat weiter den Vorteil, daß eine gerichtliche Bestrafung für mißbräuchliche Benutzung wegen der gleichzeitig vorliegenden Sachbeschädigung (infolge

des Zerschlagens der Scheibe) bedeutend schärfer ausfällt, als für groben Unfug allein, und dadurch für andere Personen abschreckender wirkt. Ein



Fig. 9


Fig. 10.

freiliegender Griff muß daher, um eine Bestrafung wegen Sachbeschädigung herbeiführen zu können, wenigstens plombiert werden, wodurch jedoch die Bedienung unbequemer wird.

Auch in Amerika findet neuerdings die Glasscheibe häufiger Verwendung, besonders bei den mit Schlüssel zu öffnenden Meldertüren, indem vielfach vor das Schlüsselloch ein kleiner Kasten vorgebaut wird, dessen Glasscheibe den ständig im Schlüsselloch steckenden Schlüssel abdeckt.[1])

Zur Einschränkung böswilliger Alarmierungen erhalten die öffentlichen Feuermelder vorteilhaft in die Türen eingebaute, von außen unsichtbare Alarmwecker. Diese ertönen bei Benutzung der Melder, um Passanten und Schutzleute auf den meist davon laufenden Täter aufmerksam zu machen, wodurch dessen


Fig. 11. Fig. 12.

1) U.S.A. Patent 824411 von Gamewell.

Ergreifung ermöglicht wird. Diese Einrichtung hat sich überall vortrefflich bewährt. Über den Zeitpunkt der Auslösung derartiger Alarmwecker gehen die Ansichten der Fachleute auseinander. Bei der in Nordamerika sehr verbreiteten Ausführung der GAMEWELL Co. beginnt das Alarmsignal vor der Auslösung des Laufwerkes. Durch Abwärtsbewegung des Griffhebels (Fig. 9) wird ein mit Zähnen versehenes Rad gedreht, welches bei Hin- und Rückgang einen den Klöppel tragenden Anker in Schwingungen versetzt und dadurch die Rasselglocke zum Tönen bringt. Eine infolge der Drehung des Griffes gespannte Feder bringt das genannte, mit ihr in Verbindung stehende Rad, eine andere Feder den Griff wieder in die Ruhelage zurück. Die Dauer des Alarmsignals ist davon abhängig, wieweit der Griffhebel herunter gedreht wird. Erst nach Erreichung eines bestimmten Drehwinkels tritt die Auslösung des Melderlaufwerkes ein.[1]) Wird also die Drehung des Griffes bei mißbräuchlicher Benutzung vor der Auslösung unterbrochen, so erfolgt die Herbeirufung der Feuerwehr überhaupt nicht, ein Fall, welcher jedoch auch bei Abgabe einer Feuermeldung dadurch eintreten kann, daß der Meldende infolge des Ertönens der Alarmglocke bei Beginn der Drehung der Meinung ist, die Abgabe der Meldung sei bereits erfolgt, und daher den Griff zu früh wieder losläßt. Bei einer anderen Ausführung der GAMEWELL Co. springt nach einer bestimmten Abwärtsbewegung des Griffhebels die vordere Meldertür auf, hinter welcher sich erst der eigentliche Auslösegriff für das Melderlaufwerk befindet.

Bei den in Deutschland von SIEMENS & HALSKE eingeführten Einrichtungen wird das Melderlaufwerk kurz vorher oder mindestens gleichzeitig mit dem Alarmwecker in Tätigkeit gesetzt, da die meisten Feuerwehrkommandanten von dem Standpunkt ausgehen, daß es besser ist, die Feuerwehr infolge von böswilligen Alarmierungen mehrmals umsonst ausrücken zu lassen, als daß sie bei einem Feuer infolge einer durch ein Mißverständnis hervorgerufenen unrichtigen Bedienung des Melders zu spät oder überhaupt nicht benachrichtigt wird. Aus diesem Grunde erhalten die Alarmwecker in den Meldern von SIEMENS & HALSKE ein für etwa 8-malige Benutzung des Melders vorgespanntes Federwerk, welches eine einfache Auslösung beim Griffziehen bzw. Knopfdrücken gestattet und unabhängig vom Melderlaufwerk in der Tür untergebracht ist. Nach einer bestimmten, stets gleich bleibenden Alarmdauer wird das ausgelöste Laufwerk des Weckers wieder selbsttätig arretiert. Auf Wunsch kann jedoch auch diese Einrichtung dahin geändert werden, daß die Auslösung des Alarmweckers vor der Ingangsetzung des Laufwerkes herbeigeführt wird, indem die Auslösung des Weckers bereits beim Anheben des Zuggriffes bewirkt wird, die Freigabe des Kontaktwerkes jedoch erst bei dem darauf folgenden Herausziehen des Griffes erfolgt.[2])

Die Kontaktlaufwerke der Feuermelder werden durch Feder- oder Gewichtskraft angetrieben, wobei die Einrichtung derartig getroffen sein kann, daß entweder die Feder oder das Gewicht in der Ruhelage im abgelaufenen Zustande bleiben und erst von dem Meldenden selbst ohne sein Wissen bei Abgabe der Meldung durch Zug an einem Griff aufgezogen werden, oder daß Feder bzw. Gewicht jedesmal nach einer Meldung durch einen Feuerwehrmann aufgezogen werden, damit die meldende Person durch kurzen Zug

1) U.S.A. Patent 543063 und D.R.P. 152970.
2) D.R.P. 187350.

an einem Griff oder Druck auf einen Knopf nur die Auslösung des Laufwerkes zu bewirken hat. Die letztgenannte Ausführung wird in neuerer Zeit wegen der für das Publikum einfacheren Bedienung bevorzugt.

Die Kontaktlaufwerke müssen vor Feuchtigkeit und Staub sorgfältig geschützt werden. Die Gamewell Co. setzt zu diesem Zweck in das äußere Meldergehäuse noch einen zweiten mit Tür versehenen Kasten ein, welcher das Laufwerk enthält; Siemens & Halske ersparen diesen zweiten Kasten dadurch, daß sie das Kontaktwerk entweder in einen Topf setzen, dessen Deckel auf der Unterseite das Laufwerk trägt und durch eine Zwischenlage von Spezialgummi vollständig abgedichtet ist (Fig. 7), oder es durch eine abgedichtete Schutzkappe überdecken (Fig. 8).

Neben dem Laufwerk ist der wichtigste Teil des Feuermelders die Kontaktvorrichtung, durch deren Vermittelung das dem Melder eigentümliche Signal abgegeben wird. Sie besteht aus einer sogenannten Typenscheibe, auf deren Rand sich Einfeilungen befinden, und einer Schleiffeder, welche bei Rotation der Scheibe über die Zähne bzw. Einschnitte hinweggleitet.

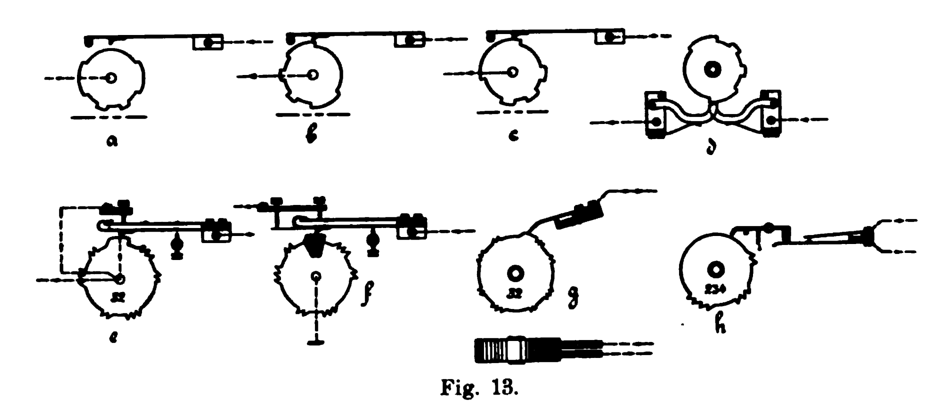


Fig. 13.

Beide Teile, die Typenscheibe und die Feder sind stromführend, so daß beim Einfall der Feder in einen Einschnitt der Scheibe eine Stromunterbrechung eintreten muß. Die aufeinander folgenden Stromschlüsse und Unterbrechungen lassen auf dem Telegraphenapparat[1]) der Zentralstation die Zeichen des betreffenden Melders entweder als Buchstaben oder Zahlenzeichen des Morsealphabetes oder direkt als Nummer in zu Zahlen gruppierten Punkten erscheinen. Die Typenscheibe hat im Laufe der Zeit verschiedene Ausführungsformen erhalten, deren gebräuchlichste Fig. 13 zeigt; sie ist entweder direkt stromleitend, wie bei den Ausführungen a, b, c, e, f von Siemens & Halske, oder schließt und öffnet nur die Verbindung zwischen zwei Kontakthebeln (Fig. 13 d, Mix & Genest) bzw. zwei Stromfedern (Fig. 13 g, Gamewell) oder bewirkt erst durch einen Zwischenhebel die Kontaktgabe an einem besonderen Federpaar (Fig. 13 h, Gamewell).

Um eine absolut sichere Kontaktgabe zu gewährleisten, verwenden Siemens & Halske ein Federpaar, welches sowohl einen Schleifkontakt zwischen der einen Stromfeder und der Typenscheibe, als auch gleichzeitig

1) Für die Erklärung der Wirkungsweise der Melder ist als Empfangsapparat der bekannte Morseapparat angenommen. Die ausführliche Beschreibung dieses Apparates befindet sich in Bd. XII (Telegraphie und Telephonie) des Handbuches der Elektrotechnik.

einen Berührungskontakt zwischen der anderen Feder und einer feststehenden Schraube mit Platinspitze ermöglicht, wie Fig. 13 e zeigt. Die beiden Federn haben Vorspannung nach verschiedenen Richtungen. Die Vorspannung der auf der Typenscheibe schleifenden Feder ist stärker, als die nach der entgegengesetzten Richtung wirkende der anderen Feder.

B. Schaltungen.

1. Betriebsarten.

Infolge der Anwendung von Typenscheiben ist es möglich, einen gemeinsamen Empfangsapparat für eine große Anzahl Melder, welche in eine einzige Telegraphenlinie geschaltet sind, zu benutzen, weil eine Verwechselung der Melder wegen der Verschiedenheit der einzelnen Melderzeichen

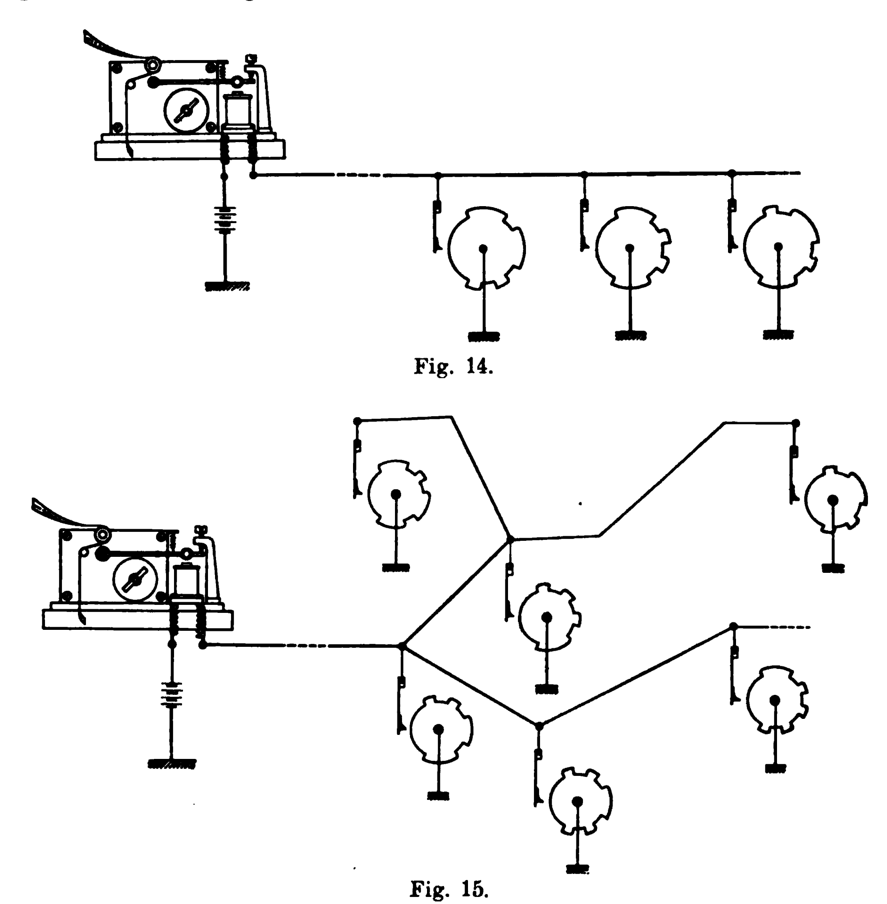


Fig. 14.

Fig. 15.

ausgeschlossen ist. Fig. 14 zeigt eine Reihe einander parallel geschalteter Melder (d. h. Typenscheiben und Schleiffedern) in einer Telegraphenlinie, bei welcher die Erde als Rückleitung benutzt wird. Selbstverständlich ist es ebenso angängig die Melder in Abzweigungen von der Hauptlinie einzuschalten, wie Fig. 15 zeigt. In dieser Weise wurde seiner Zeit die Berliner

Feuermeldeanlage geschaltet, welche bis heute noch mit derselben Schaltung in Betrieb ist.

Bei dieser sogenannten Arbeitsstromschaltung [1]) ist die ganze Anlage in der Ruhe stromlos, weil erst bei Umdrehung einer Typenscheibe eine Kontaktgabe erfolgen kann. Die Ausgestaltung der Typenscheibe, z. B. für das Zeichen — - - — (Strich, Punkt, Punkt, Strich), zeigt Fig. 13 a. Die Kontrolle über derartige Anlagen ist sehr erschwert, da sie nur durch öftere periodische Prüfungen bewirkt werden kann. Aber selbst eine eben vorgenommene Prüfung gibt noch keine Gewähr für das Funktionieren der Anlage, denn sofort hinterher kann eine Störung auftreten, welche erst bei der nächsten Prüfung oder infolge des Ausbleibens einer Meldung entdeckt wird. Ein einziger Erdschluß bringt durch den entstehenden Dauerstrom die ganze Linie außer Funktion.

Erst durch Anwendung des Ruhestrombetriebes ist es möglich, eine ständige automatische Kontrolle der Leitungen durchzuführen. Durch Einschaltung eines Galvanoskopes in die Linie kann jeder Zeit der Isolations-

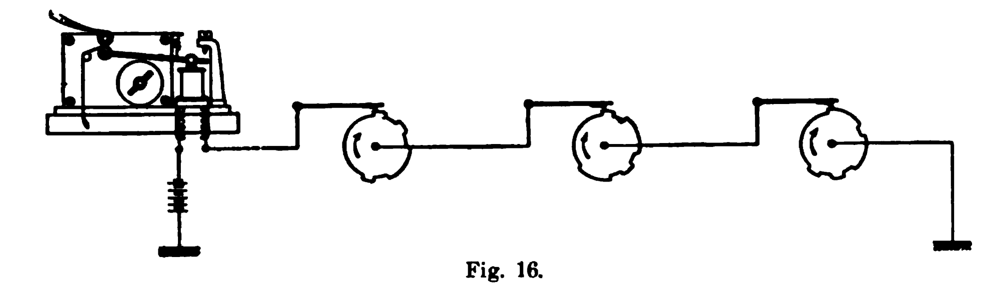


Fig. 16.

zustand der Leitung geprüft werden; ein Leitungsbruch zeigt sich sofort durch den Abfall des Schreibhebels am Morseapparat und die dadurch bewirkte Einschaltung eines Weckers an. Die Typenscheiben, sowie die Kontaktfedern der Melder, können direkt in der Linie liegen, deren Ende hinter dem letzten Melder mit Erde verbunden wird (sogenannte Strahlenleitung, Fig. 16).

Die Anwendung der Erde als Rückleitung bringt jedoch bei dieser Schaltung den Nachteil mit sich, daß ein Erdschluß sämtliche in der Leitung hinter ihm liegende Melder außer Betrieb setzt. Da das Auftreten eines solchen Fehlers oftmals am Galvanoskopausschlag schwer festzustellen ist, sogar ein Leitungsbruch unbemerkt bleiben kann, wenn das nach der Batterie zu liegende Ende der Leitung an der Bruchstelle mit Erde in Berührung kommt, schaltet Telegraphenverwalter Weixler in Stuttgart hinter dem letzten Melder vor der Erdleitung eine Kontrolluhr ein, durch welche alle 2 oder 3 Stunden selbsttätig eine Typenscheibe in Umdrehung versetzt wird, die bei normalem Zustand der Leitung das Signal „Probe“ in Morseschrift nach der Zentrale gibt.

Die Nachteile der Strahlenleitung werden durch die Verwendung des Ruhestromes in geschlossener Schleifenleitung, wie sie Fig. 17 zeigt, beseitigt.

Bei dieser Schaltungsart ist die Zentrale frei von Erde; es kann daher ein Erdschluß überhaupt keinen Schaden anrichten. Erst ein zweiter in

1) In bezug auf die in der Telegraphie verwendeten Stromarten wird auf Bd. XII, Telegraphie und Telephonie hingewiesen.

derselben Schleife auftretender Erdschluß bringt eventuell die zwischen beiden Erdschlüssen liegenden Melder außer Betrieb (Nebenschluß).

Ein Leitungsbruch veranlaßt, selbst wenn die Leitung an der Bruchstelle mit Erde in Berührung kommt, den Abfall des Ankers am Morseapparate und den Rückgang der Nadel des Galvanoskopes auf 0, so daß bei Anwendung dieser Schaltung eine weitgehende Kontrolle sowohl über den Zustand der Leitung, als auch gleichzeitig über denjenigen der Batterien möglich ist.

Aus diesem Grunde findet die Schleifenleitung mit Ruhestrombetrieb in neueren Feuertelegraphenanlagen fast ausschließlich Verwendung.

Für die Übertragung einer Meldung auf die Zentralapparate sind beim Ruhestrombetrieb zwei Möglichkeiten gegeben: Beim „deutschen" Ruhestrom wirken die bei Umdrehung einer Typenscheibe eintretenden Stromunterbrechungen infolge des Abfalls der Elektromagnetanker auf die Empfangsapparate, während beim „amerikanischen" Ruhestrom der Ankerabfall bei der ersten Stromunterbrechung nur dazu dient, die Empfangsapparate einzuschalten; erst die folgenden Stromschlüsse beeinflussen durch Anzug der

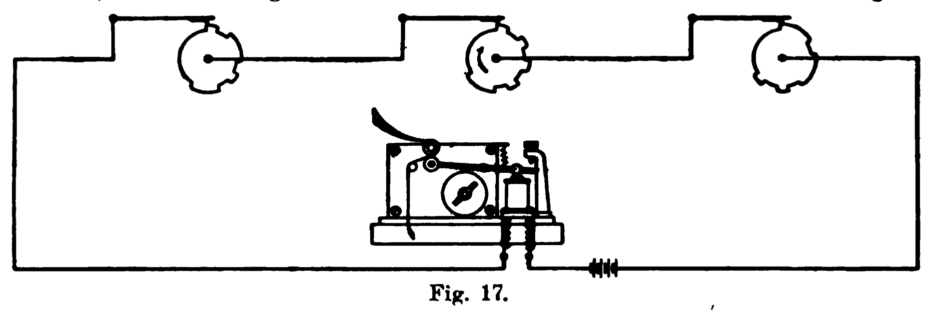


Fig. 17.

Elektromagnetanker die Empfänger. Die Ausbildung der Zeichen auf den Typenscheiben muß daher für beide Betriebsarten verschieden sein, wie Fig. 13 (b und c) zeigt. Im Gegensatz zur Bezeichnung ist in Deutschland in neuerer Zeit mehr der amerikanische Ruhestrom in Gebrauch, während in Amerika fast ausschließlich der deutsche Ruhestrom Verwendung findet.

Für Anlagen mit Morseapparaten als Empfängern bietet der amerikanische Ruhestrom den Vorteil, daß auch das erste von der Typenscheibe abgegebene Zeichen richtig auf dem Papierstreifen erscheint, weil die Auslösung des Apparatlaufwerkes bereits durch die Stromunterbrechung vor dem ersten Zeichen erfolgt, und daß ferner die Pausen zwischen zwei Zeichen beliebig lang sein können, während beim deutschen Ruhestrom durch den Anfang des ersten Zeichens erst die Auslösung des Morseapparates und damit die Umdrehung der Papiertransportwalze herbeigeführt werden muß, wodurch dieses erste Zeichen mindestens undeutlich wird. Auch dürfen die Pausen zwischen den einzelnen Zeichen nicht zu lang sein, weil sonst das Laufwerk während der Pause wieder arretiert wird. Man hat daher in der Ausgestaltung der Melderzeichen beim amerikanischen Ruhestrom bedeutend größere Bewegungsfreiheit.

2. Schutzeinrichtungen.

a) Gegen Zeichenverstümmelung bei gleichzeitigem Ablauf zweier Melder.

Obgleich die mit Ruhestrom betriebenen Anlagen bereits eine ausreichende Betriebssicherheit aufweisen, stellten sich doch im Laufe der

Zeit noch einige Übelstände heraus, welche störend empfunden wurden. Bei gleichzeitigem Ablauf zweier Melder in einer Linie tritt eine gegenseitige Verstümmelung der Zeichen auf dem Empfangsapparat ein. Diese Verstümmelung ist bei fast gleichzeitiger Auslösung derartig vollständig, daß von den abgegebenen Zeichen beider Melder überhaupt keins mehr zu entziffern ist; wird hingegen der zweite Melder ausgelöst, während der erste bereits ein Stück abgelaufen ist, so wird von jedem Melder wenigstens noch ein richtiges Zeichen einlaufen können und zwar vom ersten Melder das erste, vom zweiten Melder das letzte Zeichen. Immerhin bedarf es hierbei großer Aufmerksamkeit des Beamten auf der Zentrale, um Irrtümer in der Ablesung zu vermeiden. Diesem Übelstande suchte W. Döring, Leipzig, bei Strahlenleitungen dadurch abzuhelfen, daß er im Jahre 1880 einen Melder konstruierte, welcher die Leitung hinter der Typenscheibe während des Ablaufes automatisch mit Erde in Verbindung brachte. Bei einer ähnlichen, der Firma Siemens & Halske geschützten Schaltung [1]) wird die hinter dem Melder liegende Leitung jedesmal, wenn die Kontaktgabe über Erde erfolgt, unterbrochen. Die in der Linie hinter dem ausgelösten Melder liegenden Melder werden daher während der Ablaufszeit des vordersten außer Betrieb gesetzt, so daß bei gleichzeitiger Auslösung mehrerer Melder stets die Zeichen desjenigen, welcher der Zentrale am nächsten liegt, richtig einlaufen, während die anderen Meldungen ev. verloren gehen. Um auch diese noch teilweise zu erhalten, traf Telegrapheninspektor C. Hastedt, Hamburg, die Einrichtung, daß die Melder ihre Zeichen entsprechend öfter wiederholen, je weiter sie von der Zentrale entfernt liegen.

Durch Einfügung eines „Haltemagneten" in das Laufwerk eines Feuermelders ergibt sich eine weitere Möglichkeit, bei Strahlen- und Schleifenleitung eine Verstümmelung der Zeichen gleichzeitig benutzter Melder zu verhindern. Das Melderwerk läuft nach der Auslösung nur ein wenig an und wird durch einen mit dem Anker eines Elektromagneten in Verbindung stehenden Hebel wiederum arretiert, bevor die Kontaktfeder in die erste Unterbrechung auf der Typenscheibe eingefallen ist. Die Wickelung dieses Haltemagneten ist in der Ruhelage durch ein Federpaar kurzgeschlossen und wird erst durch das beim Anlaufen des Laufwerkes bewirkte Öffnen des Kurzschließkontaktes in den Linienstromkreis eingeschaltet. Der Anker des Haltemagneten kommt dann zum Anzug und gibt dadurch das Laufwerk endgültig frei. Um das Ablaufen eines zweiten Melders zu verhüten, solange der erste seine Zeichen abgibt, wird bei einer Schaltung von Mix & Genest [2]) den Auslösemagneten der hinter dem zuerst benutzten Melder liegenden Melderlaufwerke der Linienstrom dadurch abgeschnitten, daß dieser Melder automatisch die hinterliegende Leitung unterbricht, während er gleichzeitig für seine eigene Zeichenabgabe eine Verbindung über Erde herstellt (s. Fig. 18). Ein entfernter liegender Melder wird also am Ablaufen so lange gehindert, bis am ersten die Leitung nach Ablauf des Werkes wieder geschlossen wird, weil dann der Elektromagnet des zweiten Melders Strom erhält und somit dessen Werk freigeben kann. Es würden daher die Zeichen beider, ev. auch mehrerer Melder unverstümmelt hintereinander einlaufen. Wird jedoch ein zweiter, vor dem erstbenutzten liegender Melder gezogen, so läuft er, wie

1) D.R.P. 176 109.
2) D.R.P. 141 390.

leicht ersichtlich ist, sofort ab; es wird dadurch der Eingang der Meldung des erstausgelösten unmöglich gemacht; es kommen nur noch die Zeichen dieses später benutzten Melders ein. Überhaupt zeigt diese Schaltung wegen der Verwendung der Erdrückleitung noch alle Nachteile der Strahlenleitung, da ein Erdschluß vor dem ersten Melder die ganze Anlage außer Betrieb setzen kann.

Bei einer anderen Ausführungsart vermeiden MIX & GENEST [1]) die Benutzung der Erdrückleitung und die Unterbrechung der Linie dadurch, daß der Auslöseanker nur bei Dauerstrom zum Anzug kommt. Benutzt wird zu

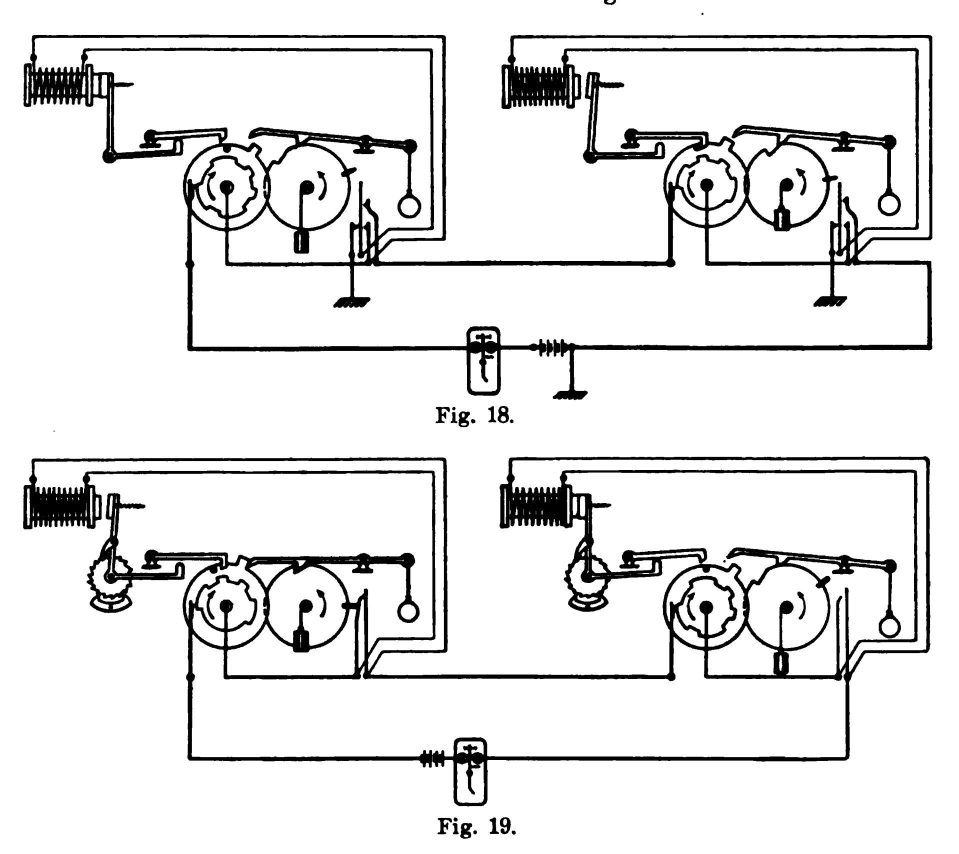


Fig. 18.

Fig. 19.

diesem Zweck die Trägheit einer Scheibe oder Walze von großem Gewicht. Diese Walze ist mit der Drehachse des Auslöseankers durch Zwischenräder verbunden. Bei kurzen Stromstößen findet infolge der Trägheit der Walze ein Anzug des Ankers nicht statt. Erst der nach Beendigung der Zeichenabgabe des ersten Melders wieder eintretende Dauerstrom ermöglicht es dem Anker, eine Bewegung auszuführen.

Bei einer der Firma SIEMENS & HALSKE geschützten Einrichtung [2]) erhält der Anker des Haltemagneten einen Verzögerungsmechanismus (Fig. 19), der dem Anker zwar einen sofortigen, aber nur langsamen Anzug bei Stromschluß, jedoch schnellen Rückfall bei Stromunterbrechung gestattet, so daß bei den verhältnismäßig kurzen Stromstößen, welche bei Abgabe der Zeichen

1) D.P.R. 152 435.
2) D.R.P. 143 543.

eines Melders die Linie durchlaufen, ein vollständiges Anziehen des Ankers und damit die Freigabe des Laufwerkes nicht stattfinden kann.

Um bei mehreren ausgelösten Meldern einer Linie das Einlaufen aller dieser Meldungen nacheinander zu sichern, versieht neuerdings Kennedy-New York diesen soeben beschriebenen Verzögerungsmechanismus noch mit einer Drehscheibe mit Löchern an der Peripherie, in welche an beliebiger Stelle ein Stift eingesetzt werden kann.[1]) Dieser Stift wirkt, wie Fig. 20 zeigt, auf den Kurzschließkontakt eines zweiten Elektromagneten, dessen Anker erst beim Anzug die endgültige Auslösung des Laufwerkes bewirkt. Da die Stifte der in einer Linie liegenden Melder jedesmal an anderer Stelle

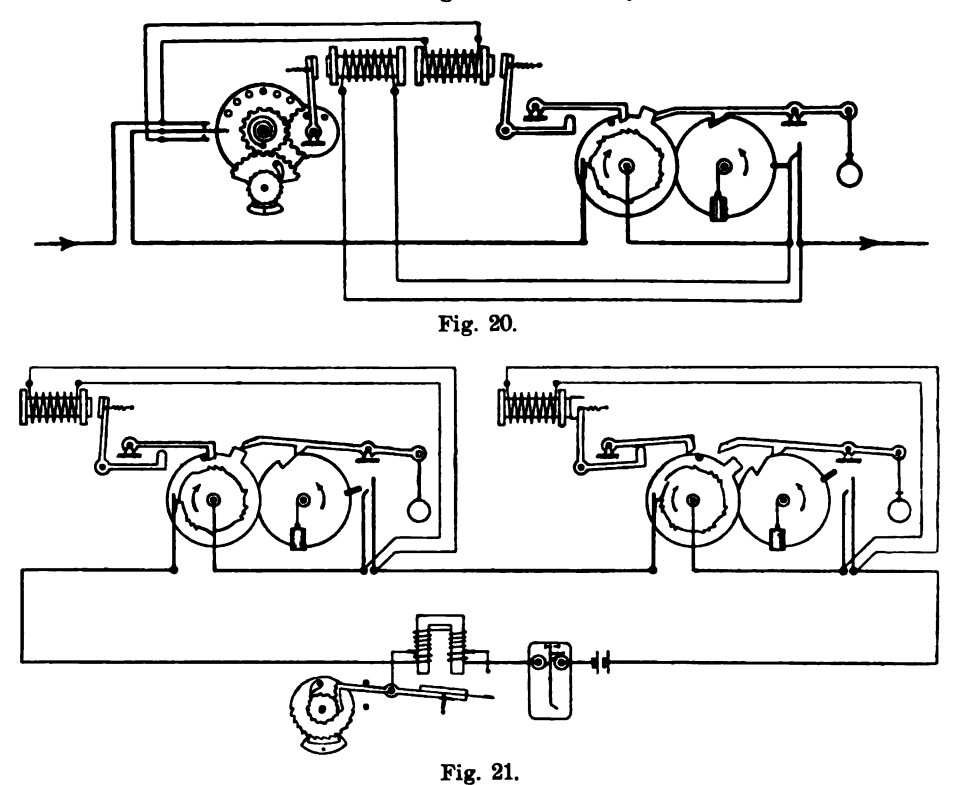


Fig. 20.

Fig. 21.

der Drehscheibe eingesetzt sind, wird, selbst bei gleichzeitigem Anzug der mit Verzögerungsmechanismus versehenen Anker aller Melder, derjenige Melder als erster ablaufen, dessen Stift zuerst den Kurzschließkontakt des zugehörigen Auslösemagnets öffnet. Für den praktischen Betrieb dürfte sich diese Einrichtung trotz ihrer scheinbaren Vorteile nicht eignen.

Mit Rücksicht darauf, daß die Melderlaufwerke durch den Einbau eines Verzögerungsmechanismus viel zu empfindlich werden, verbesserten Siemens & Halske ihre Einrichtung dadurch, daß nur ein Verzögerungsmechanismus für jede Linie auf der Wache selbst Verwendung findet (Zentralverzögerungsmechanismus), während die Anker der Haltemagnete in den Meldern direkt beim Anzug die Auslösung der Laufwerke bewirken.[2]) Bei Benutzung des ersten Melders findet die Auslösung des Laufwerkes durch

1) U.S.A. Patent 821 504.

2) D.R.P. 163 548.

den Anker des Haltemagneten sofort statt (Fig. 21). Infolge der eintretenden ersten Stromunterbrechung fällt der Anker des Elektromagneten am Zentralverzögerungsmechanismus ab, öffnet dadurch einen Kurzschließkontakt und schaltet einen entsprechend hohen Widerstand in die Linie ein, welcher die Stromstärke etwa auf die Hälfte herabdrückt. Der Auslöseanker eines zweiten Melders kann nunmehr nicht in Tätigkeit treten, weil diese geringe Stromstärke nicht zum Anzug des Ankers hinreicht. Erst wenn nach Beendigung der Zeichenabgabe des ersten Melders der Zentralverzögerungsmechanismus infolge des wieder eintretenden Dauerstromes den Widerstand aus der Linie ausgeschaltet hat, kann die Auslösung des zweiten Melders erfolgen.

Während bei den vorbeschriebenen Verwendungen des Haltemagneten die ausgelösten Laufwerke so lange arretiert gehalten werden, bis die Leitung wieder in den normalen Ruhezustand gebracht worden ist, verhindert die Gamewell Co. bei denjenigen ihrer Meldertypen, deren Auslösevorrichtung erst nach Öffnen der Tür zugänglich wird, die Auslösung eines Melders gänzlich, sobald bereits Signale auf der Linie gegeben werden (Fig. 22, 23, 24) [1]. Der Auslösehebel *6* des Melders (Fig. 23), welcher nach erfolgter

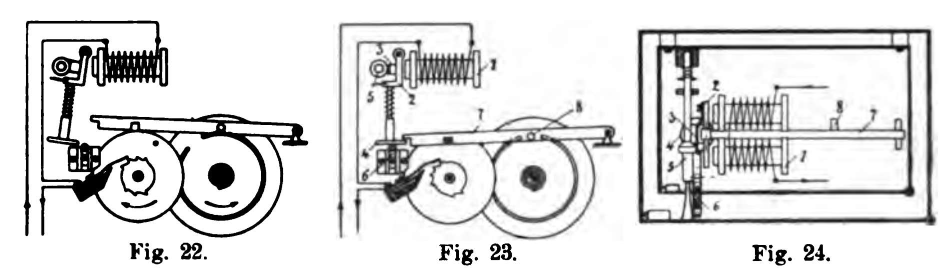


Fig. 22. Fig. 23. Fig. 24.

Öffnung der vorderen Tür heruntergedrückt wird, wirkt nicht unmittelbar auf den Arretierhebel *7* des Laufwerkes, sondern nur durch Vermittelung einer Scheibe *4*, welche auf einem mit dem Anker *2* des Elektromagnetsystems *1* fest verbundenen Stift verschiebbar angebracht ist. Wenn sich der Anker *2* in Anzugstellung befindet (Fig. 23), kann der Auslösehebel *6* diese Scheibe *4* hochdrücken, welche dann ihrerseits den Arretierhebel *7* anhebt und dadurch das Laufwerk freigibt. Bei Abfallstellung des Ankers *2* jedoch (Fig. 22) kommt die Scheibe *4* vollständig aus dem Bereich des Auslösehebels *7*; es kann dann die Auslösung des Laufwerkes überhaupt nicht erfolgen, da selbst bei dauerndem Stromschluß der abgefallene Anker *2* infolge seiner weiten Entfernung von den Magnetkernen *1* nicht wieder angezogen wird. Durch einen mit der Meldertür in Verbindung stehenden Stift *5* wird der Anker *2* beim Schließen der Tür mittels der Feder *3* in den Wirkungsbereich seines Elektromagneten zurückgeführt. Sobald bei einer Feuermeldung der infolge des Vorspringens des Stiftes *5* beim Öffnen der Tür freigegebene Anker *2* dadurch in Anzugstellung bleibt, daß bis zum Augenblick der Abwärtsbewegung des Auslösehebels *6* durch die meldende Person eine Stromunterbrechung infolge Ablaufs eines anderen Melders nicht eintritt, kann, wie oben beschrieben, die Auslösung des Laufwerkes und damit die Weitergabe der Meldung nach der Zentralstation bewirkt werden. Bei abgefallenem Anker ist jedoch die Abgabe der gewünschten Meldung

1) U.S.A. Patent 447074.

überhaupt nicht möglich; es kann daher die bereits einlaufende Meldung eines vorher gezogenen Melders nicht gestört werden. Erst nach Stillstand des ersten Melderwerkes würde der Versuch eine Meldung abzugeben, erfolgreich sein, ein Vorgang, dessen Kenntnis wohl Polizeibeamten und anderen genügend instruierten Personen, jedoch nicht dem Publikum zugemutet werden dürfte. Die Inhaber der Schlüssel zu diesen Meldern müssen daher mit der Bedienung des Melders so vertraut gemacht werden, daß sie aus den Glockenschlägen eines im Melder eingebauten Einschlagweckers, welcher ebenso wie der Elektromagnet und die Kontaktvorrichtung erst beim Öffnen der Meldertür in den Linienstromkreis eingeschaltet wird, abzuhören vermögen, ob ein anderer Melder bereits seine Zeichen gibt. Sie können daher den richtigen Augenblick für die Abgabe ihrer Meldung abwarten und sich dann auch infolge der Glockenschläge von der tatsächlich erfolgten Weitergabe ihrer eigenen Meldung überzeugen. Die beschriebene Einrichtung kann ausschließlich für Meldertypen benutzt werden, deren Auslösemechanismus erst nach erfolgtem Öffnen der Tür zugänglich wird; derartige Melder finden jedoch, wie bereits an anderer Stelle erwähnt wurde, in Deutschland nur noch ausnahmsweise Verwendung.

Während bei den vorbeschriebenen Meldern das Laufwerk eines benutzten Melders arretiert gehalten bleibt, wenn ein vorher ausgelöster Melder seine Zeichen über die Linie sendet, läuft bei einer anderen Meldertype der Gamewell Co.[1]) das durch Herunterdrücken des Auslösehebels freigegebene Laufwerk ohne Hemmung sofort ab. Hierbei kann die Laufzeit derartig gewählt werden, daß die Typenscheibe bis zum erfolgten Stillstand des Werkes 16 Umdrehungen macht. Da in der Regel verlangt wird, daß jede Meldung aus einer viermaligen Abgabe der Meldernummer bestehen soll, könnte ein solcher Melder also 4 vollständige Meldungen hintereinander bewirken; durch Begrenzung einer Meldung auf eine zweimalige Abgabe der Meldernummer würde die Möglichkeit vorliegen, die Meldung achtmal hintereinander abzusenden. Die Notwendigkeit für eine derartige mehrmalige Wiederholung in der Abgabe einer Meldung ergab sich aus dem Bestreben der Gamewell Co., Melder zu schaffen, von denen bis 4, bei 32-maliger Umdrehung der Typenscheibe sogar bis 8 Melder absolut gleichzeitig benutzt werden können.

Wie aus Fig. 25a ersichtlich ist, wird das Rad *1* durch das Herunterdrücken des Auslösehebels *2* bei der Benutzung eines Melders freigegeben; das Laufwerk läuft dann unter Drehung der Typenscheibe *3* ohne Hemmung ab. Die Typenscheibe *3* dient nicht unmittelbar zur Kontaktgabe, sondern wirkt erst mittels eines Zwischenhebels *4* auf die beiden Stromschlußfedern *5* und *6*. Bei Abwärtsbewegung des Auslösehebels *2* wird der Kontakt zwischen den beiden Kurzschließfedern *7* und *8* unterbrochen, wodurch sowohl die beiden Stromschlußfedern *5* und *6*, wie auch der „Kontrollmagnet“ *9* in den Linienstromkreis eingeschaltet werden (Fig. 25b). Fließt daher bei Auslösung des Melders dauernder Strom durch die Linie, so bleibt der Magnetanker *10*, dessen Ankerhebel *11* in der Ruhelage durch den Auslösehebel *2* in dem Wirkungsbereich des Elektromagneten *9* gehalten wird, in der angezogenen Lage.

1) Genannt: Perfect non-interfering successive fire alarm signal box. U.S.A. Patent 660620.

Infolge der Drehung des Rades *1* wird der bisher durch den Stift *12* hochgehaltene Zwischenhebel *4* in dem Augenblick frei, wo die Typenscheibe *3* sich so weit gedreht hat, daß die Nase *13* in den Ausschnitt hinter dem ersten Zahn der Typenscheibe *3* einfallen kann (Fig. 25 b). Hierdurch wird gleichzeitig durch Öffnen des Kontaktes zwischen den beiden Stromschlußfedern *5* und *6* die erste Stromunterbrechung in der Linie hervorgerufen, welche ihrerseits den Abfall des Ankers *10* bewirkt. Dieser Anker wird jedoch im Wirkungsbereich des Elektromagneten *9* gehalten, weil der am Ankerhebel *11* befindliche Stift *14* gegen die Stirnfläche des Zwischenhebels *4* stößt. Beim nunmehr folgenden Anheben des Zwischenhebels durch den nächsten Zahn der Typenscheibe (Fig. 25 c) kommt der Anker *10* wieder

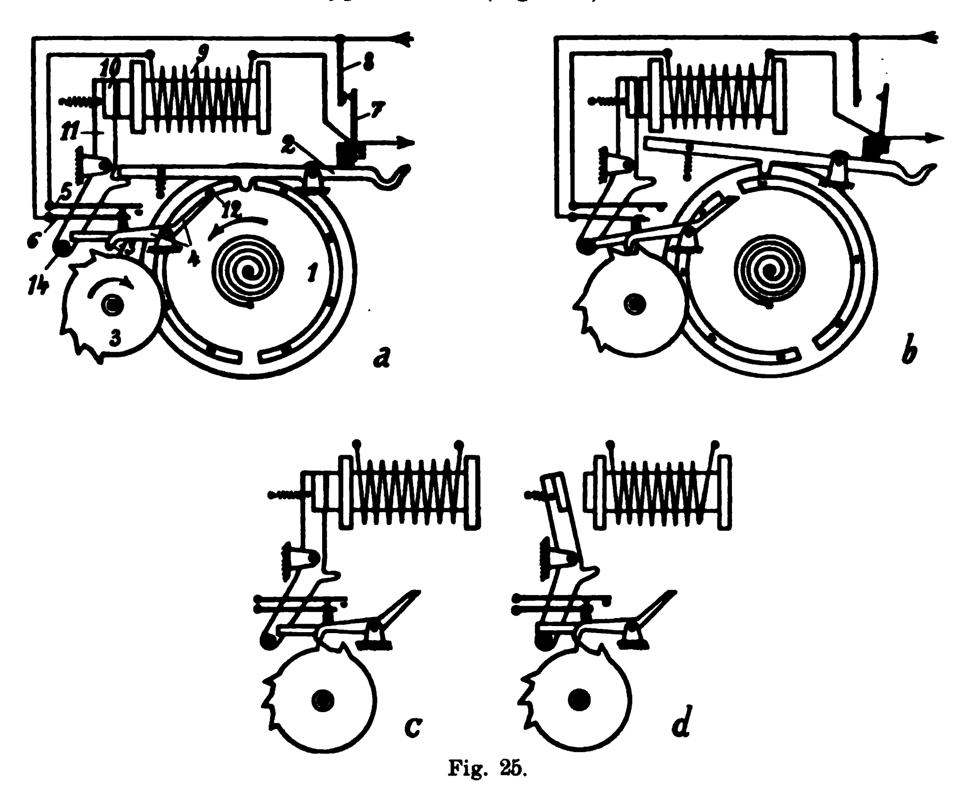


Fig. 25.

zum Anzug, da der Kontakt zwischen den Stromschlußfedern *5* und *6* bereits hergestellt wird, bevor der Stift *14* von der Stirnfläche des Zwischenhebels abgleiten kann. Beim Eintritt der nächsten Stromunterbrechung hat sich der Zwischenhebel bereits gesenkt, bevor der Elektromagnet *9* stromlos wird, so daß der Anker *10* wiederum infolge Anschlagens des Stiftes *14* gegen den Zwischenhebel nicht zum gänzlichen Abfall kommt. Diese Vorgänge wiederholen sich, bis nach viermaliger Umdrehung der Typenscheibe eine vollständige Meldung abgegeben worden ist. Alsdann kommt der Melder zur Ruhe.

Ist jedoch bei Öffnung der Kurzschließfedern *7* und *8* bereits eine durch einen anderen Melder hervorgerufene Stromunterbrechung in der Linie, oder tritt eine solche gleich hinterher ein, so fällt der Anker *10* ab, und der Stift *14* legt sich unter den Zwischenhebel *4* (Fig. 25 d). Infolgedessen kann der Zwischenhebel überhaupt nicht mehr von der Typenscheibe beeinflußt werden,

also auch keine Stromunterbrechung und somit keine Störung einer anderen Meldung verursachen. Erst nach beendeter viermaliger Umdrehung der Typenscheibe wird der Anker *10* wieder in den Wirkungsbereich seines Elektromagneten *9* zurückgeführt und der Zwischenhebel *4* freigegeben. Da der andere Melder inzwischen seine Meldung beendet hat, kann nunmehr der zweite Melder seine Meldung, wie vorher beschrieben, von vorn beginnen.

Sind hingegen mehrere Melder gleichzeitig ausgelöst worden, z. B. die Melder Nr. 41, 51, 52, so werden die drei Anker beim Anlauf der Laufwerke angezogen bleiben; die drei Zwischenhebel fallen daher ab und bewirken gleichzeitig Unterbrechungen und Schließungen des Stromes bis zu dem Augenblick, wo die Kontakteinrichtung des Melders Nr. 41 die erste längere Unterbrechung nach dem vierten Zahn der Typenscheibe verursacht.[1]) Da nunmehr während des Hebens der zugehörigen Zwischenhebel durch den fünften Zahn der Typenscheiben 51 und 52 kein Strom durch die Linie fließt, weil die Stromschlußfedern *5* und *6* des Melders Nr. 41 geöffnet bleiben, können die Anker der beiden anderen Melder nicht wieder zum Anzug kommen. Infolgedessen werden die Zwischenhebel dieser beiden Melder durch die Stifte *14* arretiert (Fig. 25d); nur der Melder Nr. 41 gibt jetzt seine Meldung weiter. Es folgt daraus, daß die Meldungen mehrerer gleichzeitig benutzten Melder hintereinander einlaufen, wobei die Reihenfolge abhängig ist von dem Eintritt der längeren Pause zwischen den Ziffern bzw. nach der Zahl. Werden z. B. die Melder Nr. 12, 24, 65, 131 gleichzeitig benutzt, so laufen ihre Meldungen in folgender Reihenfolge ein: 12, 131, 24, 65. Es findet also ein selbsttätiges Einreihen der einzelnen Melder untereinander statt, in dem angezogenen Beispiel zuerst zwischen den Meldern Nr. 12, 24, 65, 131, dann zwischen den übrigbleibenden Nr. 24, 65, 131, zuletzt zwischen 24, 65.

Bei stärkeren Differenzen in den Ablaufzeiten der einzelnen Melderwerke würde sich diese Reihenfolge jedoch verschieben, desgleichen, sobald Melderwerke ausgelöst werden, während andere sich bereits im Ablaufen befinden.

Ist die Anzahl gleichzeitig benutzter Melder größer wie die Anzahl der Meldungen, welche der einzelne Melder abgeben kann, so laufen die nach erfolgter Einreihung übrigbleibenden Melderwerke naturgemäß wirkungslos ab.

Wenngleich diese Einrichtung äußerst sinnreich ausgearbeitet ist, muß doch bedacht werden, daß für die in der Praxis immerhin seltenen Fälle der gleichzeitigen Benutzung mehrerer Melder ein komplizierter Mechanismus geschaffen worden ist.

b) Schutzeinrichtungen gegen Betriebsstörungen durch Leitungsbruch.

Durch die vorbeschriebenen Einrichtungen kann nur dem Übelstande begegnet werden, daß durch gleichzeitig ausgelöste Melder eine Verstümmelung der einzelnen Signale stattfindet.

Als ein weiterer Übelstand jedoch wird es besonders in Anlagen mit Freileitungen, bei denen durch Stürme, starke Schneefälle oder dergleichen häufiger Drahtbrüche vorkommen, empfunden, daß die Melderschleife während der Dauer eines Drahtbruches außer Betrieb ist. Um einen Drahtbruch bis

1) Die Melder arbeiten mit deutschem Ruhestrom.

zur endgültigen Wiederherstellung der Leitung unschädlich zu machen, sind in den Meldern Stöpselvorrichtungen angebracht, welche es ermöglichen, die beiden Melder, zwischen denen die Bruchstelle liegt, mit Erde in Verbindung zu bringen, um dem Linienstrom zwischen den beiden Meldern einen neuen Weg über Erde zu schaffen.

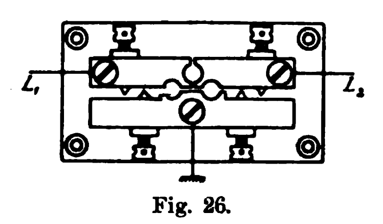
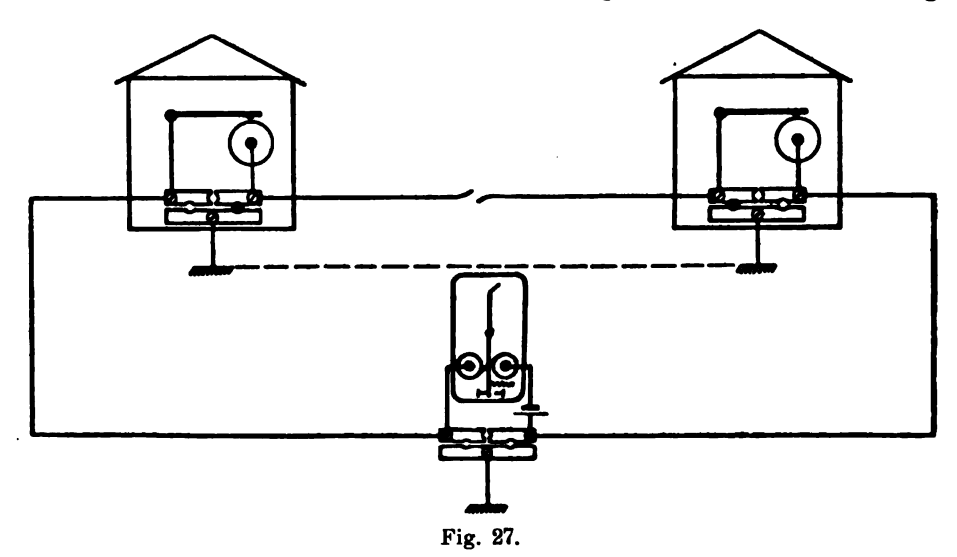


Fig. 26.

Diese Stöpselvorrichtungen werden noch mit Spitzenschrauben versehen, so daß sie gleichzeitig als Blitzableiter dienen, wie Fig. 26 zeigt. Aber auch die oft nur kurze Zeit, welche gebraucht wird, um die Bruchstelle zu finden und sie mittels der Erdverbindungen zu überbrücken, wie Fig. 27 zeigt, kann durch Einrichtungen gespart werden, welche auch ohne Überbrückung der Bruchstelle das richtige


Fig. 27.

Einlaufen von Meldungen gestatten. Auf einfachste Weise wird dies dadurch erreicht, daß die im normalen Zustande unter Ruhestrom stehende Schleifenleitung bei Leitungsbruch in zwei Strahlenleitungen mit Arbeitsstrombetrieb und Erde als Rückleitung geteilt wird. Bei einer derartigen Schaltung müssen jedoch die Melder ihre Zeichen auch über Erde abgeben können; es muß also dafür gesorgt werden, daß während der Ablaufzeit des Melders die Typenscheibe Verbindung mit Erde erhält. Eine entsprechende Schaltung wurde der Firma Groos & Graf im Jahre 1892 patentiert.[1]) Fig. 28 zeigt diese Schaltung, bei der jede Schleife zwei Morseapparate als Empfänger erhält. Die Batterie, welche zwischen beiden Morseapparaten liegt, ist in der Mitte dauernd geerdet, so daß bei Leitungsbruch zwei Strahlenleitungen mit je einem Empfangsapparat und der Hälfte der Batterie entstehen. Der Feuermelder erhält zwei Kontaktfedern und eine Typenscheibe, welche nur zur Hälfte mit Zeichen versehen ist. Bei Auslösung des Melders wird die Typenscheibe während der Laufzeit mit Erde verbunden. Bei normaler Schleifenleitung wird diese Erdverbindung insofern in Wirksamkeit treten,

1) D.R.P. 69 236.

als sie zwei parallele Stromkreise herstellt, von denen jedesmal nur einer durch die Kontaktgabe der Typenscheibe beeinflußt wird. Es nimmt also zuerst nur der eine Morseapparat die Zeichen auf, dann der andere.

Bei einem Leitungsbruch fällt je nach der Lage der Bruchstelle zu dem ausgelösten Melder der eine dieser beiden geschlossenen Stromkreise fort, so daß die Abgabe der Hälfte der Melderzeichen auf einem der beiden Morseapparate über den nicht unterbrochenen Leitungszweig möglich bleibt.

Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß bei gleichzeitiger Auslösung zweier Melder der eine auf den anderen dieselbe Wirkung ausüben wird wie ein Leitungsbruch. Es wird also von jedem Melder auf einem Morseapparat, und zwar auf dem ihm in der Leitung zunächstliegenden, die Hälfte der Zeichen unverstümmelt einlaufen. Bei beliebig vielen gleichzeitig ausgelösten Meldern werden die Zeichen der beiden in der Leitung der Zentrale am nächsten gelegenen Melder unverstümmelt aufgezeichnet, während die anderen Meldungen eventuell verloren gehen.

Durch Änderung der Kontakteinrichtung im Melder wird es möglich die Zeichen nicht nur zur Hälfte, sondern vollständig und zwar auf beiden

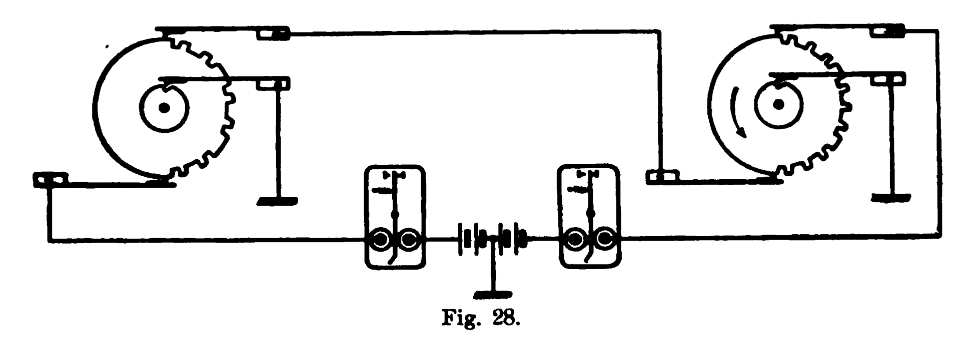


Fig. 28.

Morseapparaten gleichzeitig zu erhalten, indem die Kontakteinrichtung derartig geändert wird, daß die Erdverbindung während des Ablaufs des Melders nicht dauernd bestehen bleibt, sondern den Stromschlüssen und Unterbrechungen des Linienstromes entsprechend ein- bzw. ausgeschaltet wird; es werden also Stromschlüsse und Unterbrechungen gleichzeitig sowohl über Linie wie über Erde gegeben, wodurch das Festhalten des einen Morseapparates infolge dauernder Erdung der Linie, wie in Fig. 28, vermieden wird. Bei Leitungsbruch erscheinen somit auf einem Morseapparat ebenfalls sämtliche Zeichen eines Melders. Die Kontaktgabe selbst erfolgt bei den Ausführungen von Siemens & Halske — für Laufwerke mit mehrmaliger Umdrehung der Typenscheibe bei einer Meldung — durch eine an der Linienkontaktfeder befestigte zweite Feder über einen festen Kontaktbock, welcher mittels eines erst bei Anlauf des Werkes in Wirksamkeit tretenden Schalters Verbindung mit der Erdleitung erhält. (Siehe Fig. 29 links.) Bei Meldern mit einmaligem Umlauf der Typenscheibe ist diese dauernd geerdet, trägt jedoch ein Isolierstück, auf welchem in der Ruhelage die Kontaktfeder steht (siehe Fig. 29 rechts). Bei der Ausführung von Mix & Genest[1]) ist ebenfalls die Typenscheibe dauernd an Erde gelegt; zur Verbindung der Kontaktfedern in der Ruhelage ist auf der Scheibe ein

1) D.R.P. 143 752.

isoliertes Metallstück aufgesetzt (vgl. Fig. 84). Unter Verzichtleistung auf die Möglichkeit die Zeichen zweier gleichzeitig ausgelöster Melder unverstümmelt zu erhalten, hat Telegrapheninspektor C. Hastedt in Hamburg eine

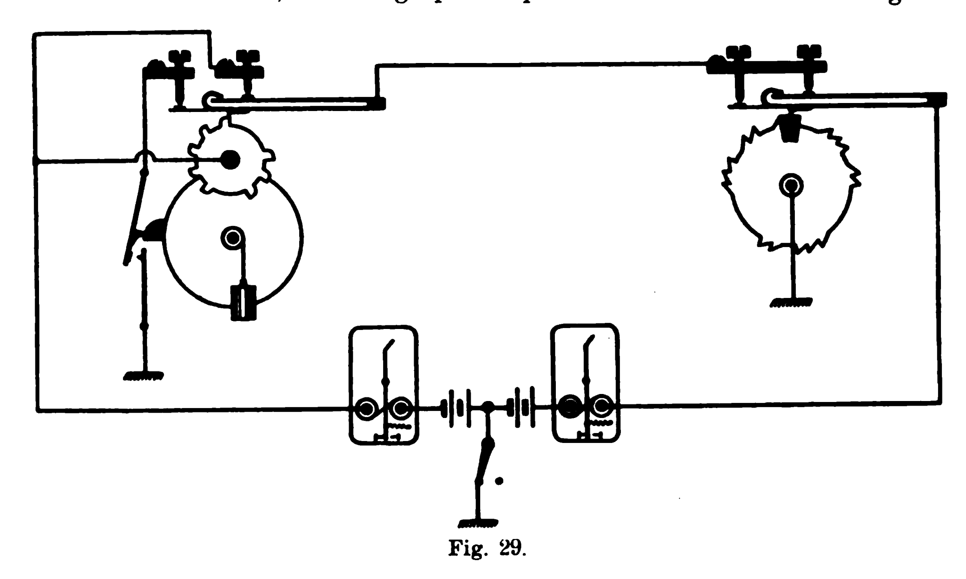


Fig. 29.

Schaltung (Fig. 30) in Anwendung gebracht,[1]) bei welcher die Linienbatterie zwischen den geteilten Spulen eines Morseapparates liegt, während ein zweiter Morseapparat für Arbeitsstrombetrieb mit einer geeigneten Batterie in die mit dem einen Pol der Linienbatterie verbundene Erdleitung geschaltet ist. Bei ungestörter Leitung, sowie bei Leitungsbruch, geben beide Empfänger die Melderzeichen wieder. Ist jedoch, z. B. infolge von Drahtverschlingung, ein Melder der Linie kurzgeschlossen, so kommen im Gegensatz zu der vorbeschriebenen Schaltung die Zeichen noch auf dem Arbeitsstromempfänger ein, wodurch diese Schaltungsart für Anlagen mit vielen und langen Parallelführungen von blanker Freileitung wertvoll ist.

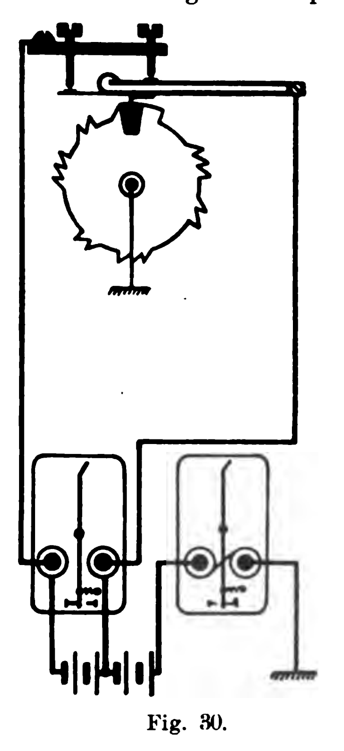


Fig. 30.

Zuletzt sei noch eine Schaltung der Firma Siemens & Halske erwähnt, bei welcher die Vorteile der Sicherheitsschaltung gegen Leitungsbruch und diejenigen der Anwendung eines Haltemagneten im Melder nach Schaltung Fig. 31 gemeinsam benutzt worden sind.[2]) Die Wickelung des Haltemagneten ist in zwei Hälften geteilt, zwischen denen die Kontaktfedern liegen, welche bei Ablauf des Werkes über die Typenscheibe Erdverbindung erhalten. Bei Leitungsbruch erfolgt die Auslösung des Melders durch

1) D.R.P. 159 520.
2) D.R.P. 173 591.

Stromschluß über Erde und die eine Hälfte der Elektromagnetwickelung. Damit eine sichere Auslösung mit der halben Wickelung stattfindet, wird bei Leitungsbruch eine Zusatzbatterie in die Erdleitung der Zentrale eingefügt, welche die Wirkung der Linienbatterie verstärkt. Da bei dieser Schaltung infolge des Haltemagneten die Zeichen zweier gleichzeitig aus-

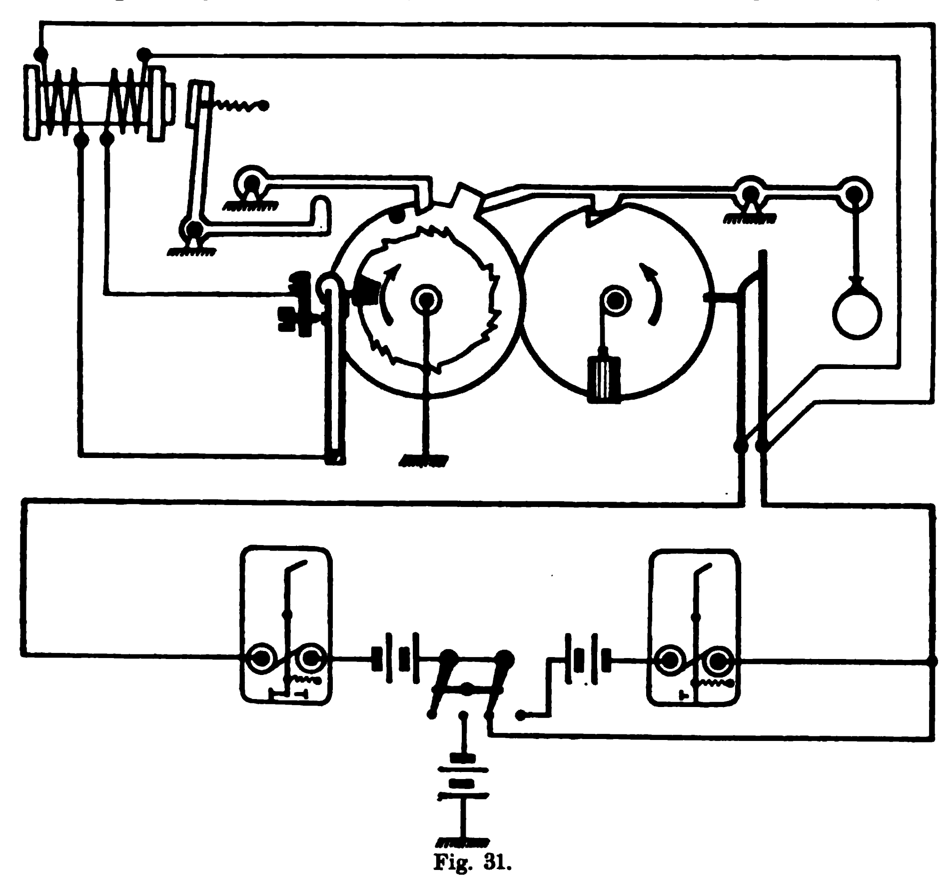


Fig. 31.

gelöster Melder im normalen Betriebe hintereinander einlaufen, ist nur ein Empfangsapparat für jede Schleife vorgesehen; erst bei Leitungsbruch findet die Einschaltung eines Reserveapparates mit eigener Batterie statt, welcher daher für mehrere Schleifen als gemeinschaftlicher Reserveapparat bereit stehen kann. (Der Zentralverzögerungsmechanismus ist in Fig. 31 fortgelassen.)

III. Die Benutzung des Fernsprechers in der Feuertelegraphie.

Die ausgedehnte Verwendung des Fernsprechers im allgemeinen Verkehr hat vielfach zu Versuchen verleitet, die öffentlichen Feuermelder durch Schaffung von Feuermeldestellen, welche nur mit Fernsprechapparaten ausgerüstet sind, gänzlich zu vermeiden. Es stellen sich jedoch — selbst wenn für diesen Zweck von der Reichspost unabhängige, städtische Telephonanlagen mit eigenen Leitungen geschaffen werden — viele schwerwiegende Mißstände bei der ausschließlichen Benutzung des Fernsprechers für Feuer-

meldungen heraus, welche früher oder später doch die Einführung von Straßenmeldern, die automatisch ihren Standort angeben, notwendig machen. Einerseits darf nicht übersehen werden, daß nicht jedermann mit einem Fernsprecher umzugehen versteht, andererseits ist die Verständigung mit Personen, welche sich bei Abgabe einer Feuermeldung stets in Aufregung befinden, sehr schwierig; ähnlich klingende Ortsbezeichnungen rufen oftmals Verwechselungen hervor, welche schwere Folgen nach sich ziehen können. In Anlagen mit Freileitung ist die Benutzung eines Fernsprechers bei Gewitter mit Gefahr verbunden, so daß die Telephonanlage während eines Gewitters meistens gänzlich abgestellt wird, trotzdem gerade dann Feuer, welche infolge von Blitzschlägen entstehen, nicht selten sind. Ferner steht ein Telephonapparat nicht ständig unter Kontrolle und versagt daher oftmals gerade im Notfalle; die meist in den Häusern untergebrachten Telephonstellen sind vor allem des Nachts schwer zugänglich, wodurch Zeitverluste unvermeidlich sind. Allen diesen Übelständen wird durch Verwendung von öffentlichen Feuermeldern, welche jederzeit zugänglich sind und an die Intelligenz der meldenden Person keine besonderen Anforderungen stellen, vorgebeugt. Soll dem Publikum hingegen die Möglichkeit geboten werden, nach erfolgter Abgabe der Feuermeldung mittels des Feuermelders noch außerdem auf telephonischem Wege der Feuerwehr die Art des betreffenden Brandes mitzuteilen, so kann in den Feuermeldern hinter einer zweiten Tür eine geeignete Telephoneinrichtung untergebracht werden (Fig. 32). Diese Tür öffnet sich entweder selbsttätig, nachdem das Melderlaufwerk ausgelöst worden ist, oder wird von einem herbeigerufenen Polizeibeamten aufgeschlossen. Häufig werden die Schlüssel für die Telephontür unter Beigabe genauer Bedienungsvorschriften in mehreren dem Melder benachbarten Häusern verteilt; nach Benutzung können diese Schlüssel nur durch Beamte der Feuerwehr wieder aus den Schlössern entfernt werden. Da aus der Nummer des Schlüssels der Inhaber desselben festgestellt werden kann, ist mißbräuchlicher Benutzung vorgebeugt. Mit dem Einbau von Telephonstationen in die Feuermelder ist ferner der nicht zu unterschätzende Vorteil verbunden, die Anlage gleichzeitig auch für Unfallmeldungen nutzbar zu machen und dadurch den Wert der Anlage für das Publikum bedeutend zu erhöhen. Erleichtert wird die Einbringung von Telephonen in die Melder durch den Wegfall der Mikrophonbatterie infolge der heute fast ausschließlich üblichen Verwendung der Linienbatterie als Sprechbatterie (Zentral-Mikrophonbatterie). Mikrophon und Telephon liegen dabei in Hintereinanderschaltung und werden erst beim Öffnen der Tür durch einen Umschalter in die Melderlinie eingeschaltet (Fig. 33 links). Es ist selbstverständlich, daß infolge des Telephonierens auf den Feuermeldelinien die Zentralapparate eine Beeinflussung, durch welche das richtige Einlaufen von Feuermeldungen



Fig. 32.

während der Dauer des Gespräches irgendwie gestört werden könnte, nicht erfahren dürfen. Zu beachten ist daher, daß die Telephone nicht zu hohen Widerstand haben dürfen, damit der Gesamtwiderstand der Schleife nicht bedeutend erhöht wird. Eine Magnetwickelung des Telephons von ca. 35 Ohm Widerstand ermöglicht bereits eine vorzügliche Verständigung, da die Linienstromstärke in modernen Feuermeldeanlagen wenigstens 30 Milliampere be-

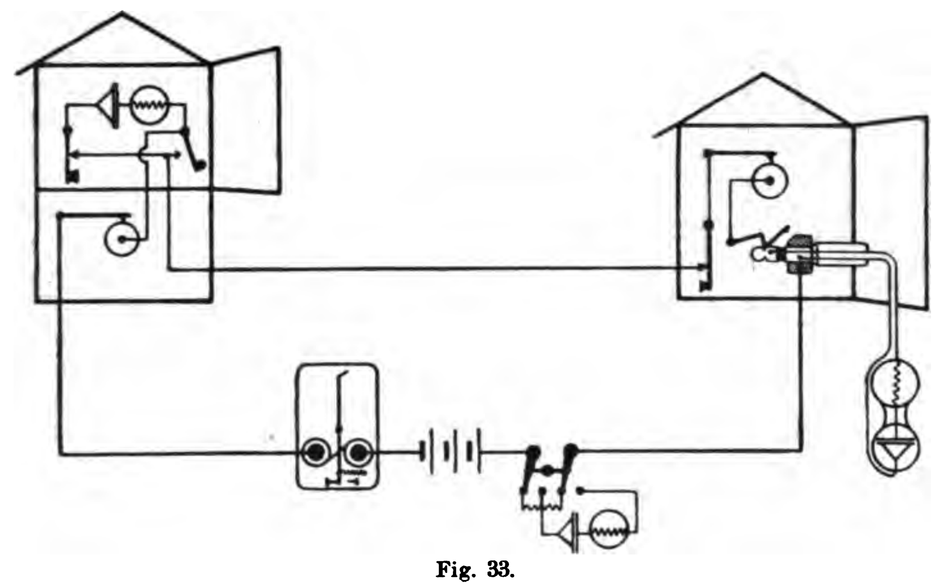


Fig. 33.

trägt. In der Zentralstation wird oft nur ein Fernsprechapparat aufgestellt, welcher durch Vermittelung eines Linienwählers in die einzelnen Melderschleifen eingeschaltet werden kann. Eine Drucktaste im Melder gestattet den Anruf der Zentralstation; jedoch kann dieser Anruf auch bereits durch das Öffnen der Telephontür selbsttätig bewirkt werden.

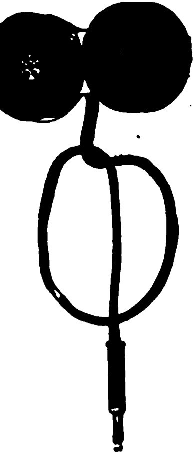


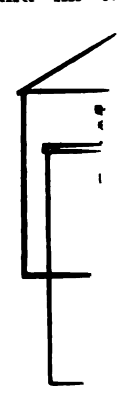
Fig. 34.

Besonders weitgehende Verwendung findet der Fernsprecher als Nebenapparat für den internen Gebrauch bei der Feuerwehr selbst, umsomehr, als es sich hier stets nur um eine beschränkte Anzahl von Personen handelt, welche gründlich mit der Bedienung der Telephone vertraut gemacht werden können. An die Stelle der stationären Telephone in den Meldern können kleine tragbare Fernsprechstationen (Fig. 34) treten, welche ebenfalls nur aus Telephon und Mikrophon bestehen und mit Hilfe eines Stöpsels — durch Einführung in eine im Melder vorgesehene Einschaltklinke — in den Linienstromkreis eingeschaltet werden (Fig. 33 rechts). Um Anruftasten zu ersparen, bilden Siemens & Halske den Stöpsel derartig aus, daß bereits beim Einstecken desselben in die Klinke die zum Anruf nötige kurze Stromunterbrechung hervorgerufen wird. Die bequeme Mitführung der Taschenfernsprecher erleichtert den Feuerwehrbeamten die periodischen Prüfungen der Melder und gestattet ferner bei Feuer eine dauernde Verbindung zwischen der Zentralstation und der Brandstätte zur Übermittelung von Kommandos, zur Herbeirufung von Ärzten,



Fig

Melder ist
und im R



daher
schalte
zur Erd
HALSKE
zum An

1) D

ist unzweckmäßig, weil das Meßinstrument dann bei einem Erdschluß nur die Stromdifferenz der beiden von jeder Batteriehälfte ausgehenden Erdströme anzeigen würde, welche in entgegengesetzter Richtung durch das Instrument fließen. Es kann hierbei vorkommen, daß sogar ein direkter Erdschluß überhaupt nicht angezeigt wird, falls die Widerstände der beiden von dem Erdschluß zur Zentrale führenden Leitungsabschnitte ungefähr gleich sind.

Um zur Aufsuchung eines durch die oben beschriebene Erdschlußanzeigevorrichtung entdeckten Erdschlusses die örtliche Lage desselben von der Zentralstation aus annähernd festzustellen, wird häufig eine an der Schalttafel montierte Widerstandsmeßeinrichtung, bestehend aus einer WHEATSTONEschen Brücke in besonderer Ausführung und einem empfindlichen Galvanometer, mit den entsprechenden Schaltvorrichtungen vorgesehen. Fig. 39 zeigt eine Schalttafel für 8 Linien mit sämtlichen vorgenannten Kontrolleinrichtungen.[1]) Eine größere Schalttafel ist auf Tafel III abgebildet.



Fig. 39.

Zum Schutz gegen Blitzschläge und Übergang von Starkstrom in die Leitung müssen bei oberirdischer Leitungsführung sehr weitgehende Schutzmaßregeln getroffen werden. Zu diesem Zwecke in die Melder Schmelzsicherungen zu schalten, ist nicht angebracht, da infolge eines Blitzschlages oft viele Sicherungen auf einmal durchbrennen, wodurch mehrere Melder, eventuell sogar die ganze Schleife — selbst bei Anwendung von Sicherheitsschaltung gegen Leitungsbruch — außer Betrieb gesetzt werden. Man begnügt sich daher mit der Anwendung eines Spitzenblitzableiters im Melder, wie ihn Fig. 26 zeigt, und schließt alle empfindlichen Nebenapparate, wie Galvanoskope oder Wecker in der Ruhelage kurz. Auf der Empfangsstelle wurden [illegible] im Stromkreis liegenden Morseapparate und Meßinstru- [illegible] ten Plattenblitzableiter geschützt. Da diese jedoch

[1]) [illegible] HALSKE für die [illegible] anlage der Stadt Wilmers-

nicht bei Berührungen der Schleifenleitungen mit Starkstrom führenden Drähten genügen, werden neuerdings die hochempfindlichen Vakuumblitzableiter verwendet, welche bereits bei Spannungen bis herunter zu 300 Volt in Wirksamkeit treten und daher auch viel schwächere atmosphärische Entladungen, als dies bei einem Plattenblitzableiter möglich ist, zur Erde ableiten. Beim Übergang von Starkstrom muß zur Beseitigung der Gefahr eine vollständige Stromunterbrechung vor den zu schützenden Teilen durch Vorschaltung einer Abschmelzsicherung bewirkt werden. Diese sogenannte Grobsicherung wird entsprechend der in Betracht kommenden Spannung des Starkstromes so bemessen, daß bei Berührung mit Starkstrom etwa in der

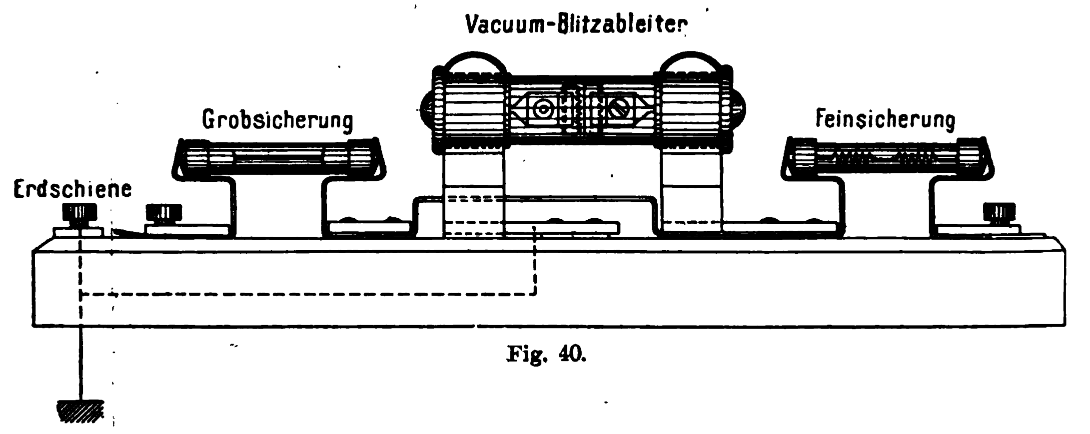


Fig. 40.

Mitte der Schleifenleitung trotz des Leitungswiderstandes von der Berührungsstelle bis zur Zentrale noch ein sicheres Durchbrennen ohne Lichtbogenbildung stattfinden kann.

Zum Schutz gegen geringere Ströme, welche durch Überbrückung verschiedener Leitungen mit schlechter Isolation oder durch zufälliges Kurzschließen eines Teiles der Leitung (z. B. durch eine Drahtverschlingung in der Freileitung) entstehen, wird noch eine für ca. $^1/_2$ Ampere Höchststromstärke bestimmte Feinsicherung hinter der Abzweigung des Vakuumblitzableiters eingeschaltet. Eine derartige, von der Firma Siemens & Halske für Feuermeldeanlagen gebaute Schutzvorrichtung zeigt Fig. 40. An der Zuführungsschiene für die Freileitung ist noch ein Spitzenblitzableiter vorgesehen, damit nach Durchbrennen der Grobsicherung die Außenleitung nicht ohne Blitzschutzsicherung bleibt.

V. Leitungsanlage.

Die für den Bau von Telegraphen- und Fernsprechanlagen vom Reichspostamt erlassene Telegraphenbauordnung ist auch für die Herstellung des Leitungsnetzes der Feuermeldeanlagen als maßgebend zugrunde zu legen. Eine Beschreibung der Bauausführung erübrigt sich daher.[1]) Erwähnt seien nur folgende Einzelheiten:

Als Leitungsmaterial kommt bei Anwendung von Freileitung nur noch Siliciumbronzedraht und zwar der größeren Festigkeit wegen in einer Stärke

1) Siehe Telegraphenbauordnung und Handbuch der Elektrotechnik Bd. XII.

von 2 mm Durchmesser in Betracht. Bronzedraht von 1,5 mm Durchmesser wird nur ausnahmsweise benutzt, sobald die Kostenfrage eine große Rolle spielt. Da bei blanker Freileitung durch Berührung mit Bäumen, Dachrinnen oder Postleitungen leicht Erdschlüsse, sowie durch Drahtverschlingungen Nebenschlüsse entstehen können, empfiehlt es sich stets, isolierte Leitung, welche speziell für diese Zwecke hergestellt wird, zu verwenden. Die Mehrkosten für isolierten Draht werden durch die leichtere Unterhaltung der Anlage reichlich aufgewogen.

Als Isolator wird für blanken Draht von 2 mm Durchmesser und hauptsächlich für isolierten Draht am vorteilhaftesten nur die Doppelglocke Nr. II der Reichspost benutzt. Rotglasierte Isolatoren sind der größeren Übersichtlichkeit wegen zur Unterscheidung von den Isolatoren der Telegraphen- und Fernsprechleitungen der Reichspost vorzuziehen. Die Verlegung der Leitungen geschieht gewöhnlich an den Häusern entlang, weil Leitungsbrüche in den meisten Fällen unter Benutzung von Leitern schneller repariert werden können, als bei Leitungsführung über die Dächer, bei welcher die Leitung auch weniger gegen Stürme geschützt ist.

Für Kreuzungen mit Straßenbahn- oder sonstigen blanken Starkstromleitungen darf nur isolierter Draht benutzt werden.

Bei allen Kreuzungen mit anderen Leitungen wird der Leitungsdraht der Feuermeldeanlage möglichst über diesen Drähten gezogen, damit Störungen in der Feuermeldeanlage durch Auffallen fremder Drähte vermieden werden.

Viel günstiger gestalten sich diese Verhältnisse bei Anwendung von Kabelleitung. Der Kostenersparnis wegen begnügt man sich vielfach damit, die Kabel direkt in die Erde, etwa 60 oder 70 cm unter der Oberfläche, einzubetten. Zum besseren Schutze gegen Beschädigungen wird das Kabel in diesem Falle jedoch noch mit einer Lage Ziegelsteine bedeckt.

Zur Verwendung kommt in letzter Zeit trotz der lästigen Endverschlüsse hauptsächlich Telegraphenfaserstoffkabel. Hierbei bringt man die Endverschlüsse am vorteilhaftesten in den Meldern selbst unter oder vermeidet, wo dies wegen Platzmangels nicht möglich ist, Endverschlüsse gänzlich und benutzt als Zuleitung von den Abzweigmuffen zu den Meldern Gummibleikabel. Für Hausleitungen (z. B. zum Anschluß von Weckern und Innenmeldern), ferner in den Zentralstationen darf nur allerbestes Leitungsmaterial, also Gummiaderleitung, ohne Rücksicht auf die Kosten benutzt werden. Eine Verlegung der Drähte auf Isolierrollen gewährt zwar eine gute Übersicht, führt aber leicht zu Störungen infolge von Beschädigungen; die Anwendung von Isolierrohren zum Schutze der Leitungen ist daher unbedingt vorzuziehen. Jedes Ankrampen von Leitungsdrähten ist zu verwerfen; Ausnahmen dürfen nur bei den aus blankem Draht bestehenden Verbindungen zwischen Blitzableitern und Erdplatten bzw. Wasserleitungsröhren gemacht werden.

VI. Stromquellen.[1]

Als Stromquellen kommen in Feuermeldeanlagen für die Ruhestrombatterien dort, wo Starkstrom nicht zur Verfügung steht, hauptsächlich die

1) Siehe Handbuch der Elektrotechnik Bd. III.

bekannten MEIDINGER-Elemente in Betracht, welche jedoch in kleiner Ausführung höchstens mit 0,035, in großer Ausführung mit 0,05 Amp. Stromstärke beansprucht werden dürfen, damit bei guter Wartung erst nach mehreren Monaten eine Erneuerung der Füllung nötig wird. Für die Arbeitsstrombatterien (Lokalbatterien) werden wegen der in Frage kommenden größeren Stromstärken in den meisten Fällen Beutelbrikettelemente benutzt, deren Lebensdauer oft ein Jahr übersteigt. Die Firma MIX & GENEST verwendet sogar für die Ruhestrombatterien die billigeren Beutelbrikettelemente, welche jedoch in zwei Reihen, also in doppelter Anzahl aufgestellt werden, da sie wegen der durch die eintretende Polarisation bedingten Ruhepause täglich umgeschaltet werden müssen, ein Vorgang, welcher leicht zu Mißhelligkeiten führen kann.



Fig. 41.

Neuerdings werden selbst in kleinen Anlagen Sammler als Stromquelle für die Melderschleifen sowie für die Lokalbatterien benutzt, wobei jede Batterie eine Reservebatterie erhält (Fig. 41). Die Sammler besitzen im Gegensatz zu den MEIDINGER-Elementen eine gleichmäßig bleibende Spannung bei geringem innerem Widerstande; die Bedienung ist reinlicher und einfacher; außerdem ist für Akkumulatoren ein bedeutend kleinerer Raum nötig, wie für Primärelemente. Die Unterhaltungskosten sind für den Betrieb mit Sammlern trotz der hohen Anschaffungskosten und der zugehörigen Ladeeinrichtung unter Berücksichtigung von Verzinsung und Amortisation nur etwa halb so groß, wie für Primärelemente. Gewöhnlich erhalten die Sammler eine Kapazität von 24 oder 36 Amperestunden, so daß bei einer Linienstromstärke zwischen 40 und 60 Milliampere eine Aufladung nur etwa alle 2 oder 3 Wochen stattzufinden braucht. Die Aufladung erfolgt wegen der langsamen Entladung vorteilhaft ebenfalls langsam, d. h. etwa mit dem dritten Teil (ca. 3 Ampere) der zulässigen Höchststromstärke.

Die Verwendung transportabler Akkumulatoren, welche an anderer Stelle geladen werden müssen, empfiehlt sich wegen der damit verbundenen Unzuträglichkeiten nicht. Eine feste Aufstellung der Akkumulatoren auf Etagengestellen, wie Fig. 41 zeigt, ermöglicht eine leicht durchführbare Be-

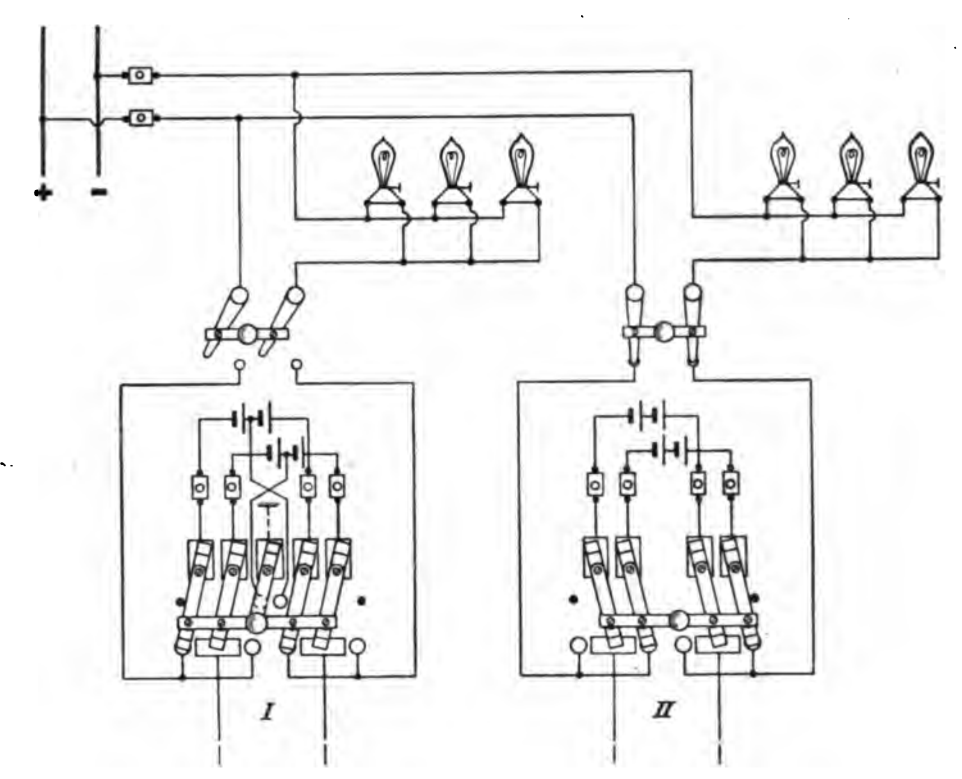


Fig. 42.

triebsaufsicht. In kleinen Anlagen können die Sammler ihrer geringen Anzahl wegen auch in einem mit Abzugsrohren für die Säuredämpfe versehenen Schrank untergebracht werden.

Die Ladung der Sammler geschieht beim Vorhandensein eines Gleichstromnetzes in kleinèren Anlagen gewöhnlich direkt vom Netz aus unter Vorschaltung von Glühlampen, da die Bedienung hierbei am einfachsten ist. Dieser Umstand muß besonders dort beachtet werden, wo die Wartung der Zentralstation Polizeibeamten anvertraut wird, wie es bei freiwilligen Feuerwehren oft geschieht. Für jede Batterie sind Ausschalter und Glühlampen getrennt vorgesehen; die Ladung der einzelnen Batterien erfolgt nach dem Schema Fig. 42 in Parallel-

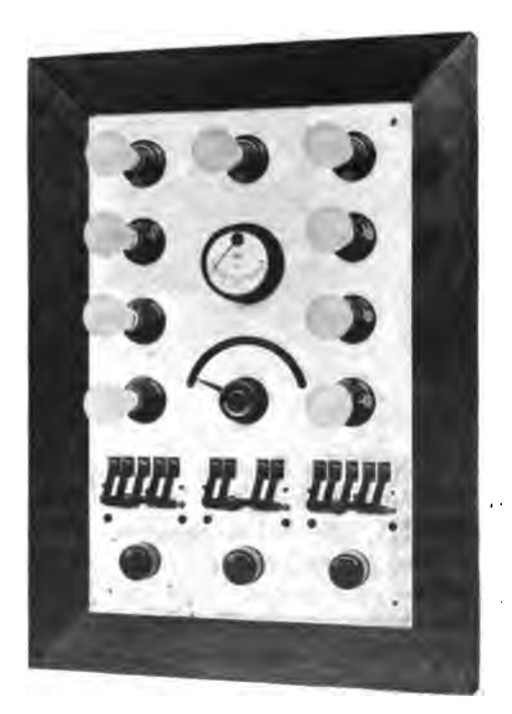


Fig. 43.

schaltung auf das Netz. Fig. 43 zeigt eine ausgeführte Schalttafel[1]) für 2 Linienbatterien und 1 Lokalbatterie.

Die beiden Batterien einer Linie werden mittels eines doppelpoligen Umschalters derartig miteinander verbunden, daß sie durch Umlegen dieses Ladeschalters abwechselnd an die Ladeeinrichtung oder an die Linie ange-



Fig. 44.

schlossen werden können. Durch einen einzigen Handgriff kann eine Batterie, ohne Stromunterbrechung in der Linie, von „Ladung" auf „Entladung", oder umgekehrt, geschaltet werden. Wird bei Verwendung von Sicherheitsschaltung gegen Leitungsbruch die Mitte der Linienbatterie an Erde gelegt, so ist an dem Ladeschalter ein Kontakt für den Wechsel der Erdverbindung vorzusehen. Ein Voltmeter gestattet die Prüfung der einzelnen Batterien auf Spannung, während die Anbringung eines Amperemeters sich erübrigt.

1) Feuermeldeanlage Siegen i. W.

da die Ladestromstärke durch den Stromverbrauch der Glühlampen annähernd bekannt ist. Jede einzelne Batterie muß doppelpolig gesichert werden.

Bei größeren Anlagen wird zur Stromersparnis eine der Netzspannung entsprechende Anzahl von Batterien für die Benutzung eines Vorschaltwiderstandes hintereinander geschaltet. Jede Batterie kann durch einen zweiten einpoligen Umschalter in die gemeinschaftliche Ladeleitung eingeschaltet werden. Eine entsprechende Ladeschalttafel[1]) für 15 Batterien zeigt Fig. 44, eine ähnliche für 12 Linien, auf welcher jedoch im Mittelfelde noch die bereits früher beschriebenen Meß- und Kontrolleinrichtungen untergebracht sind, zeigt die Abbildung auf Tafel III. Die GAMEWELL Co. bewirkt auch bei den größten Anlagen die Aufladung meist durch Vorschaltung von Glühlampen, wie auf dem für 10 Linien bestimmten, auf Tafel II abgebildeten Schaltbrett ersichtlich ist.



Fig. 45.

Zur Umformung von Drehstrom und Wechselstrom aus städtischen Starkstromnetzen können beliebig entweder rotierende Umformer und Motorgeneratoren oder elektrolytische bzw. oscillierende Gleichrichter benutzt werden.

Neuerdings finden statt der Akkumulatoren auch Motorgeneratoren für die Abgabe des Linienstromes Verwendung.[2]) Ein derartiger Motorgenerator (Fig. 45) besteht aus einem kleinen Motor von ca. $^1/_{16}$ PS. für Gleichstrom oder Wechselstrom, welcher direkt mit einer Gleichstromdynamo von einer Spannung, wie sie gerade für das Meldesystem wünschenswert erscheint, gekuppelt ist. Beide Maschinen stehen auf derselben Grundplatte. Die Tourenzahl des Motors ist konstant, während die Spannung der Nebenschluß-Dynamomaschine durch einen Regulierwiderstand zwischen 20 und 60 Volt bestimmt wird. Für Reserveapparate muß selbstverständlich gesorgt sein. Die Betriebsergebnisse sind nach Angabe der Feuerwehren, welche Motorgeneratoren benutzen, hervorragend gute.

Die direkte Verwendung von Starkstrom anstelle der Ruhestrombatterien zum Betriebe von Melderschleifen (unter Vorschaltung von geeigneten Widerständen) ist mehrfach versucht worden; es hat sich jedoch stets gezeigt, daß wegen der Übertragung aller im Starkstromnetz eintretenden Isolationsfehler und Störungen auf die Meldeanlage ein sicherer Betrieb nicht gewährleistet ist, umsoweniger, als jede Reserve beim Ausbleiben des Starkstromes fehlt.

VII. Empfangsapparate für Feuermeldeanlagen.

A. Das Zeigerapparatsystem.

Unter Anwendung der vorbeschriebenen Prinzipien sind im Laufe der Zeit den verschiedenen Bedürfnissen entsprechend — soweit Melder mit Laufwerken in Frage kommen — mehrere voneinander verschiedene Einrichtungen

1) Von SIEMENS & HALSKE für die Feuermeldeanlage Wilmersdorf ausgeführt.
2) Z. B. in Berlin und Chicago.

für die Empfangsapparate entstanden, welche sich in drei Hauptsysteme trennen lassen, nämlich: das Zeigerapparatsystem, das Morsesystem und das Einschlagglockensystem.

Etwa bis zum Jahre 1900 kam als Empfangsapparat für Feuermeldeanlagen nur der Morseapparat in Frage, welcher sich in solchen Anlagen, bei denen eine einigermaßen sachverständige Bedienung und Instandhaltung stattfand, auch vorzüglich bewährte, so vor allem bei Berufsfeuerwehren. In vielen Anlagen kleiner Städte führt jedoch das Arbeiten mit dem Morseapparat zu Schwierigkeiten, hauptsächlich dort, wo bei freiwilliger Feuerwehr die Zentralapparate in einer Polizeiwache Aufstellung finden, und die Entgegennahme von Feuermeldungen und die Überwachung der Zentralstelle von Polizeibeamten ausgeübt wird. In kleineren Anlagen verstreicht zwischen zwei Feuermeldungen oft eine längere Zeit; es ergibt sich daraus von selbst eine nachlässigere Behandlung der Apparate. Feuermeldungen gehen dann oftmals ganz verloren, weil die Farbe eingetrocknet, der Apparat selbst nicht aufgezogen, das Papier falsch eingelegt ist, oder weil andere aus Unkenntnis oder Nachlässigkeit hervorgerufene Ursachen das richtige Aufzeichnen der Melderzeichen unmöglich machen. Ferner bereitet ungeschulten Personen das Ablesen der Morsezeichen und das Heraussuchen des mit dem betreffenden Zeichen versehenen Melders aus der Tabelle viele Schwierigkeiten. Man verzichtet daher vielfach auf die schriftliche Aufzeichnung und wählt ein Empfangssystem, bei welchem die Nummer des Melders direkt in Ziffern abgelesen werden kann.

1. Zeigerapparatsystem von Siemens & Halske.

In den von der Firma Siemens & Halske ausgeführten Anlagen wird als Empfangsapparat ein Zeigerapparat verwendet, bei welchem die Nummer des benutzten Melders auf einer alle Meldenummern der Schleife enthaltenden Ziffernscheibe mittels eines springenden Zeigers direkt angezeigt wird.

Die Laufwerke der Feuermelder sind derartig eingerichtet, daß nur eine einmalige Umdrehung der Typenscheibe stattfindet. Die Ausfeilungen der Typenscheibe sind so angeordnet, daß die Abgabe der Meldernummer ebenfalls nur einmal stattfindet; eine mehrmalige Wiederholung wäre zwecklos, weil der Zeiger auf der einmal eingestellten Zahl bis zu erfolgter Ablesung durch den wachhabenden Beamten stehen bleiben muß. Die Kontaktanordnung ist nach Fig. 13f ausgeführt, also für Sicherheitsschaltung gegen Leitungsbruch vorgesehen.

Um eine ganz besondere Übersichtlichkeit zu gewährleisten, sind sämtliche zum Empfang einer Meldung und zur Kontrolle der Leitung nötigen Apparate in einem Gehäuse mit verschließbarer Glastür vereinigt (Fig. 46). Auf jeden Zeigerapparat können 18—20 Melder geschaltet werden. Für jede Schleife wird ein eigener Empfangsapparat benutzt, wodurch bei einer Anlage mit mehreren Schleifen Verwechselungen vorgebeugt ist. Ein in der Schleifenleitung liegendes Relais bewirkt über eine Schaltklappe, welche bei der ersten Stromunterbrechung zum Abfall kommt und dadurch das Zeigersystem selbst einschaltet, die Übertragung der Meldung auf das Elektromagnetsystem des Zeigerechappements. Jede Unterbrechung des Linienstromes bewirkt zusammen mit dem folgenden Stromschluß das Vorwärtsspringen des Zeigers um ein Feld. Ein auf dem Gehäuse angebrachter Wecker kündigt

den Einlauf einer Meldung an, während in dem Augenblick, wo der Zeiger auf die Zahl 1 kommt, die eigentlichen Alarmwecker eingeschaltet werden. Zur Kontrolle der Leitung und der Batterien ist ein ständig in der Schleifenleitung liegender Präzisionsstromzeiger vorgesehen. Zur periodischen Prüfung der Schleife auf Erdschluß dient eine Drucktaste, welche die Schleife an einem Batteriepol einseitig mit Erde in Verbindung bringt und ohne Stromunterbrechung hervorzurufen, den Stromzeiger aus der Linie aus- und in die genannte Erdverbindung einschaltet. Dem Linienstrom wird also bei einem Erdschluß in der Schleifenleitung ein zweiter Stromweg über Erde und dem



Fig. 46.



Fig. 47.

Stromzeiger geschaffen. Aus der Größe der angezeigten Stromstärke kann direkt auf einen größeren oder kleineren Erdschluß geschlossen werden.

Bei eintretendem Leitungsbruch fällt nur die Schaltklappe, ohne daß der Zeiger die Nullstellung verläßt, während der Wecker so lange ertönt, bis durch Umlegen eines Schalters das Relais Erdverbindung erhält; hierdurch ist das Einlaufen einer Meldung auch bei Drahtbruch gewährleistet. Die Schaltklappe selbst läßt sich erst nach Beseitigung des Leitungsbruches wieder hochrichten.

Auf dem Gehäuse des Zeigerapparates ist ein Fernsprechapparat zur telephonischen Verbindung zwischen der Zentrale und den Spritzenhäusern oder Offizierswohnungen vorgesehen. Die Schleifenleitung dient gleichzeitig als Sprechleitung; es werden also die Telephonstationen der Spritzenhäuser und Offiziere direkt in die Melderschleife eingeschaltet. Der Anruf der

Zentrale geschieht durch Druck auf einen Schalthebel am Telephonapparat, wodurch der Schleifenstrom kurz einmal unterbrochen wird. Der Zeiger des betreffenden Zeigerapparates springt auf das vor den Meldernummern befindliche Feld, welches die Bezeichnung *T* (Telephon) trägt. Ebenso ist ein telephonischer Verkehr zwischen den Meldern und der Zentrale bei Revisionen, bei Unfallmeldungen oder für Befehlsübermittelungen von der Brandstelle aus vorgesehen. Nach Öffnen der Meldertür wird der Stöpsel der tragbaren Fernsprechstation in die Klinke eingeführt; infolge der Ausbildung dieses Stöpsels wird die für den Anruf der Zentrale nötige kurze Stromunterbrechung ohne weiteres selbsttätig hervorgerufen. Die Einrichtung des Zeigerapparates entspricht vollständig den billigerweise an eine Feuermeldeanlage in mittleren und kleinen Städten zu stellenden Anforderungen. Die Bedienung ist eine äußerst einfache und übersichtliche, so daß sie von ganz Ungeübten nach kurzer Information übernommen werden kann. Die wenigen Handgriffe sind durch den Apparatwecker insofern unter Kontrolle gestellt, als das Weckerzeichen nicht eher verstummt, bis der richtige Handgriff ausgeführt worden ist.

In vielen Fällen wird diese absichtlich ganz einfach gehaltene Ein richtung je nach den gestellten Anforderungen noch durch einige Zusatzapparate vervollkommnet. Durch Einbau eines Verzögerungsrelais kann erreicht werden, daß nach Einlauf einer Feuermeldung eine zweite Meldung aus derselben Schleife entweder gänzlich fortfällt oder auf einem Reservezeigerwerk einläuft, damit der auf dem Hauptapparat bereits durch die erste Meldung eingestellte Zeiger nicht weitergeschaltet wird. Ferner kann eine Änderung dahin getroffen werden, daß die Meldungen zweier gleichzeitig ausgelöster Melder nacheinander einlaufen, indem der zweite Melder so lange arretiert gehalten wird, bis der Beamte auf der Zentralstation den Zeiger des betreffenden Apparates wieder in die Ruhestellung zurückgebracht hat.

Für die Alarmierung der Wehrleute kann ein beliebiges Alarmsystem der Anlage angegliedert werden. Die Abbildung Fig. 47 zeigt die Einrichtung der Zentrale für e i n e Melderschleife mit dem Zeigerapparat und einem Wechselstrominduktor mit Kontrollweckern zur Alarmierung freiwilliger Feuerwehrleute durch Wechselstromwecker.[1]) Gleichzeitig sind auf der Tafel noch die Blitzableiter, die Gebrauchsanweisung und das Melderverzeichnis untergebracht. Die Zentralstation einer größeren Anlage für 4 Schleifen ist auf Tafel V abgebildet.

Wird neben der optischen Anzeige einer Meldung noch eine schriftliche Aufzeichnung für Kontrollzwecke gewünscht, so läßt sich ein einfacher Registrierapparat (Farbschreiber oder Lochapparat) anwenden, welcher auch mit einem Zeitstempel, der später beschrieben wird, kombiniert werden kann. Selbst für mehrere Zeigerapparate genügt ein gemeinsamer Registrierapparat, da auf dem Papierstreifen vor der Meldernummer auch die Nummer der betreffenden Schleife verzeichnet wird.

2. Zählwerksystem von Mix & Genest.

Bei den nach ähnlichen Prinzipien gebauten Anlagen von Mix & Genest sind die Apparate einzeln auf einer Schalttafel untergebracht. An die Stelle des

1) Ausgeführt für: Arnstadt i. Th., Friedenau, Trebnitz i. Schl., Neuburg a. D., Schwenningen, Neubrandenburg u. a. m.

Zeigersystems tritt ein sogenanntes Zählwerk, bei dem die Zifferscheibe selbst sich dreht und die Meldernummer hinter einem Fensterchen erscheinen läßt.

Wie die Schaltung Fig. 48 zeigt,[1]) liegen die Spulen des Elektromagneten, dessen Anker auf das Echappement des Zählwerkes wirkt, unmittelbar im Schleifenstromkreis zusammen mit den beiden Relais r_1 und r_2. Der Ruhestrom ist infolge des hohen Widerstandes dieser Relais sehr schwach, so daß der Elektromagnet Z seinen Anker nicht anzuziehen vermag, während die Anker der Relais jedoch angezogen sind.

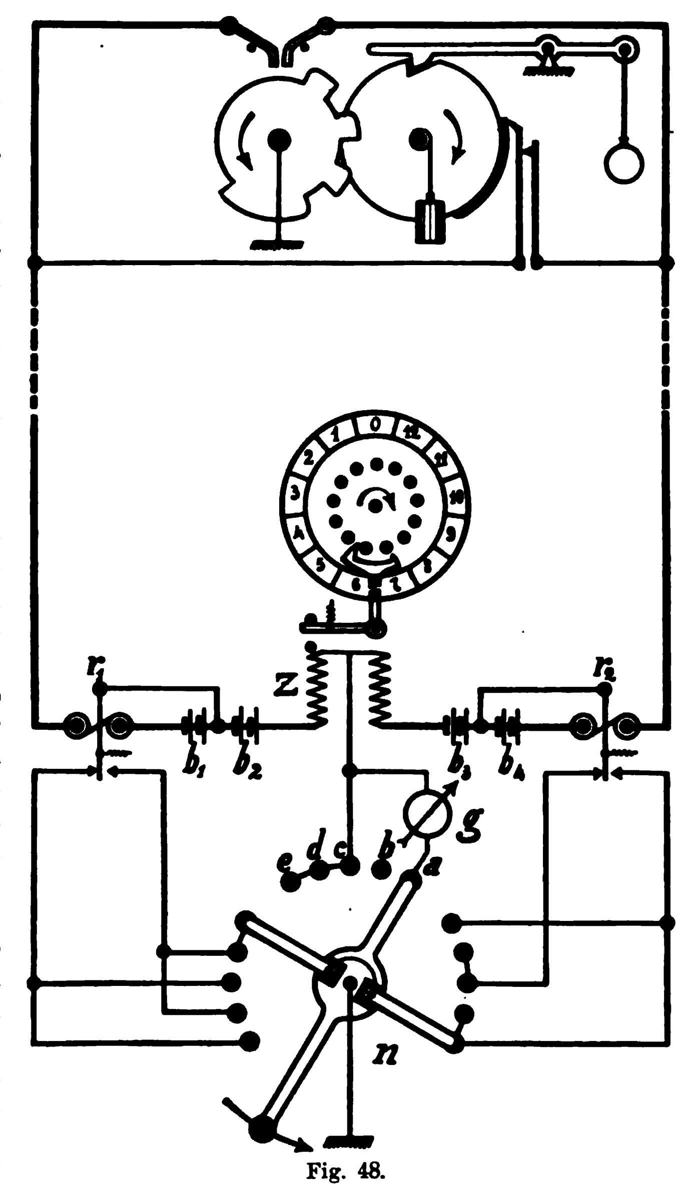


Fig. 48.

Bei der ersten Stromunterbrechung fallen beide Relaisanker ab und schliessen einen Lokalstromkreis über die Batteriehälften b_2 und b_3 und den Zählwerkselektromagneten Z. Beim nächsten Stromschluß in der Schleifenleitung fällt der Anker des Zählwerks wieder zurück, wodurch die erste Zahl vorspringt. Jede weitere Stromunterbrechung mit folgendem Stromschluß läßt eine neue Zahl sichtbar werden. Wenn Sicherheitsschaltung gegen Leitungsbruch vorgesehen ist, wird bei Drahtbruch die Mitte der Wickelung des Magneten Z an Erde gelegt; ferner müssen die Ruhe- und Arbeitskontakte der Relais r_1 und r_2 gewechselt werden. Dies geschieht durch Drehen der Kurbel eines sogenannten Notschalters, welcher außer der Normalstellung a weitere 4 Stellungen für die hauptsächlich vorkommenden Leitungsstörungen besitzt.

1) Die Schaltung Fig. 48 wurde nach der Patentzeichnung entworfen; in den ausgeführten Anlagen ist die Schaltung etwas geändert.

Auf Kontakstellung *b* wird bei eingetretenem Erdschlusse das als Erdschlußanzeiger dienende Galvanoskop *g* abgeschaltet.

Stellung *c* kommt für einfachen Drahtbruch in Frage. Die Ruhekontakte werden wegen des dauernden Stromschlusses über den Magneten *Z* abgeschaltet; dafür werden die Arbeitskontakte der beiden Relaiszungen in den Magnetstromkreis geschaltet. Die Kontaktstellungen *d* und *e* sind für einen Leitungsbruch bestimmt, bei welchem das eine Leitungsende an der Bruchstelle mit Erde in Berührung kommt, wodurch der Anker des Relais r_1 bzw. r_2 wieder angezogen wird. Damit die Anzahl und Reihenfolge der Stromunterbrechungen und Schließungen für das Zählwerk bei Leitungsbruch dieselbe bleibt, wie im normalen Zustande, muß die Kontakteinrichtung im Melder entsprechend ausgebildet werden.[1]) Die beiden Kontakthebel liegen in der Ruhe nicht auf der Typenscheibe; die Kontakteinrichtung wird durch ein Federpaar kurzgeschlossen. Bei Auslösung des Melders erfolgt für die erste Stromunterbrechung die Öffnung des Kurzschließkontaktes, ehe die Kontakthebel zum ersten Mal die Typenscheibe berühren. Nach Abgabe der Meldung tritt dieser Kurzschließkontakt wieder in Wirksamkeit, bevor die Kontakthebel den letzten Zahn verlassen haben. Bei der Melderzahl *2* folgen daher bei normaler Leitung Stromunterbrechung — Schluß — Unterbrechung — Schluß; bei gebrochener Leitung ist die erste Unterbrechung von vornherein vorhanden, es folgen daher Stromschluß — Unterbrechung — Schluß, selbstverständlich hierbei über Erde. Die Zentralstation einer Anlage nach dem Zählwerksystem ist auf Tafel IV abgebildet.

Unter dem Namen Florianmelder wurde von Mix & Genest ein Melder hergestellt, welcher gleichzeitig als Empfangs- und Meldestelle dienen soll und zu diesem Zwecke ein Meldelaufwerk sowie ein Zählwerk enthält.[2]) Die Fortschaltung des Zählwerkes geschieht bei Abfall und Anzug des Ankers eines in der Schleifenleitung liegenden Relais mittels einer Ortsbatterie. Die Kontakteinrichtung des Laufwerks gibt bei Auslösung des Melders fortlaufend Stromschlüsse und Unterbrechungen, deren Anzahl größer ist, als für die Einstellung der höchsten Meldernummer *20* nötig ist. Sobald das Zählwerk des ausgelösten Melders bis auf die eigene Meldernummer gesprungen ist, wird die Kontakteinrichtung des Melders kurz geschlossen, so daß die Zählwerke der anderen Melder ebenfalls auf derselben Zahl stehen bleiben. trotzdem das Werk des gebenden Melders weiterläuft.

Die Florianmelder sollen hauptsächlich in den Wohnungen der Feuerwehrleute aufgestellt und auch von diesen bedient werden, um Mißbrauch zu verhüten. Die bei jedem Melder notwendigen Lokalbatterien, deren sorgfältige Wartung für das richtige Funktionieren der Zählwerke Bedingung ist, sowie die Unübersichtlichkeit der Anlage wegen der vielen Zählwerke dürften einer weiteren Einführung derartiger Meldersysteme hinderlich sein. Wird bei Leitungsunterbrechungen oder bei durch atmosphärische Einflüsse hervorgerufenen Störungen, nach einem Telephonanruf oder einer Feuermeldung das Zurückstellen einzelner Zählwerke vergessen oder kann es wegen Abwesenheit des Feuerwehrmannes überhaupt nicht stattfinden, so erfolgt bei einer Meldung eine falsche Nummerangabe an diesen Zählwerken.

Die Firma Ericsson & Co. in Stockholm hat bei den zahlreichen in

1) D.R.P. 156297.
2) D.R.P. 169715.

Schweden von ihr ausgeführten Anlagen ebenfalls das Zeigersystem verwendet, vielfach in Verbindung mit einem Registrierapparat.

Die in dem Empfängergehäuse untergebrachten Apparate sind von vornherein für 4 bzw. 5 Linien vorgesehen; jede Linie erhält eine Schaltklappe, die das allen Linien gemeinsame Zeigersystem einschaltet. Der Betrieb der Anlagen erfolgt durch Arbeitsstrom; die Linien sind zwar zur Ermöglichung einer periodischen Leitungskontrolle in Schleifenleitungen geführt, jedoch liegen nur die Kontaktfedern der Melder an der Leitung, während die Typenscheiben ständige Erdverbindung haben (vgl. Fig. 14).

B. Das Morsesystem.

Weitaus die größte Verbreitung hat der Morseapparat als Empfangsapparat in Feuermeldeanlagen gefunden und zwar in seinen beiden Ausführungen als Farbschreiber und als Lochapparat. Als Farbschreiber wird er in solchen Anlagen, in denen er gleichzeitig zur Aufnahme von Hand gegebener, telegraphischer Mitteilungen dienen soll, benutzt, als Lochapparat hauptsächlich in Amerika, wo der telegraphische Verkehr ganz in Fortfall kommt. Die von der Meldertypenscheibe abgegebenen Zeichen können bei Verwendung eines Farbschreibers aus den Buchstaben oder Zahlenzeichen des Morsealphabets zusammengesetzt sein, also aus Strichen und Punkten bestehen, oder es werden nur Punktzeichen benutzt, welche zu Zahlen gruppiert die Meldernummer angeben. Mittels der Typenscheibe direkt den Standort des Melders durch Angabe des Straßennamens im Morsealphabet aufschreiben zu lassen, findet wegen der Schwierigkeit, eine solche Depesche in mehrmaliger Wiederholung auf die Typenscheibe aufzuschneiden, und wegen der Notwendigkeit für den die Meldung entgegennehmenden Beamten, unbedingt sicher und schnell ablesen zu können, wenig Verwendung.

Beim Lochapparat entspricht jedem Punkt oder Strich, welcher auf dem Farbschreiber erscheinen würde, nur ein durch das Papier geschlagenes, etwa 2 oder 3 mm großes Loch; der Apparat kann daher ausschließlich für die Registrierung von Meldernummern in Frage kommen. Diesem Umstande ist es zuzuschreiben, daß die Lochapparate in Deutschland wenig beliebt sind, da bei ihrer Anwendung allein das Telephon für den Verkehr zwischen Melder und Zentralstation in Betracht kommt. Größere Berufsfeuerwehren ziehen aber auch heute noch, trotz der ausgedehnten Verwendung des Telephons im Meldewesen, bei wichtigeren Nachrichten oder Befehlsübermittelungen den telegraphischen Verkehr wegen des schriftlichen Nachweises vor.

1. Das einfache Morsesystem und die Zusatzapparate.

Das einfache Morsesystem, bei welchem für jede Melderschleife nach Fig. 49 ein eigener Empfangsapparat vorgesehen ist, erhält durch die Anwendung der bereits beschriebenen Meß- und Kontrollvorrichtungen einen hohen Grad der Betriebssicherheit. Die Zentralstation der nach diesem System in München ausgeführten Anlage zeigt Tafel VI.

Im Laufe der Jahre machte sich das Bedürfnis für verschiedene Zusatzapparate fühlbar, deren Anwendung zwar für den Betrieb nicht unbedingt notwendig ist, die Bedienung der Zentralstation aber wesentlich vereinfacht.

Eine dieser Einrichtungen besteht in der Verwendung von Fallklappen für jede einzelne Schleife, welche bei der ersten Stromunterbrechung zum Abfall kommen und dadurch dem Wachhabenden die Übersicht erleichtern. Des weiteren werden zur Vermeidung störenden Lärmes beim Telegraphieren die Signalwecker durch selbsttätig zurückfedernde Tretschalter ausgeschaltet (Fig. 50).

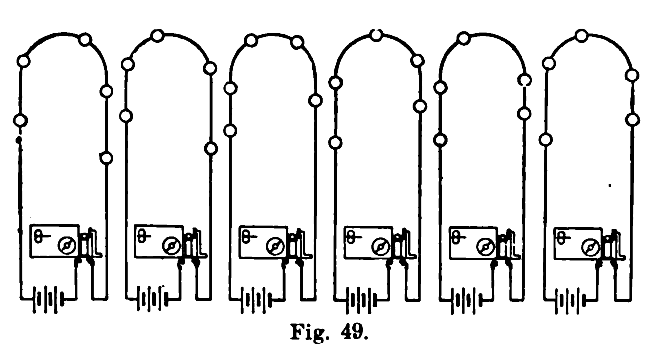


Fig. 49.



Fig. 50.

Ferner haben sich Apparate als vorteilhaft erwiesen, welche die Zeit des Einlaufs einer Feuermeldung auf den Papierstreifen neben die Melderzeichen aufdrucken. Wie aus dem Beispiel in Fig. 51 ersichtlich ist, geben diese Apparate sowohl Datum (19. November 1903) wie Stunde und Minute an (vormittags 10 Uhr u. 42 Minuten). Die Typenwalzen derartiger Zeitstempelapparate werden bei den Ausführungen der Gamewell Co. durch ein auf den Apparat aufgesetztes, von Zeit zu Zeit von Hand aufzuziehendes mechanisches Uhrwerk angetrieben, wie Fig. 52 zeigt.

Siemens & Halske benutzen für den Transport der Minutenräder ihrer Zeitstempelapparate ein Elektromagnetsystem, welches seine Stromimpulse von Minute zu Minute durch eine nach dem Hippschen Prinzip elektrisch angetriebene Uhr erhält. Durch diese Hauptuhr

03 NOV. 19 V 10 42

Fig. 51.

können, außer mehreren Nebenuhren in der Feuerwache, viele Zeitstempel gleichzeitig getrieben werden, so daß eine genaue Übereinstimmung derselben untereinander erreicht wird. Ferner kann beim Vorhandensein einer städtischen

Uhrenanlage die Hauptuhr an die Stadtanlage angeschlossen und so auf einfache Weise automatisch auf Stadtzeit reguliert werden.

Zum Aufwickeln des Papierstreifens wird ein mit einem Federlaufwerk versehener selbsttätiger Papieraufwickler benutzt, welcher den Papierstreifen stets angespannt hält (Fig. 52 und 53).

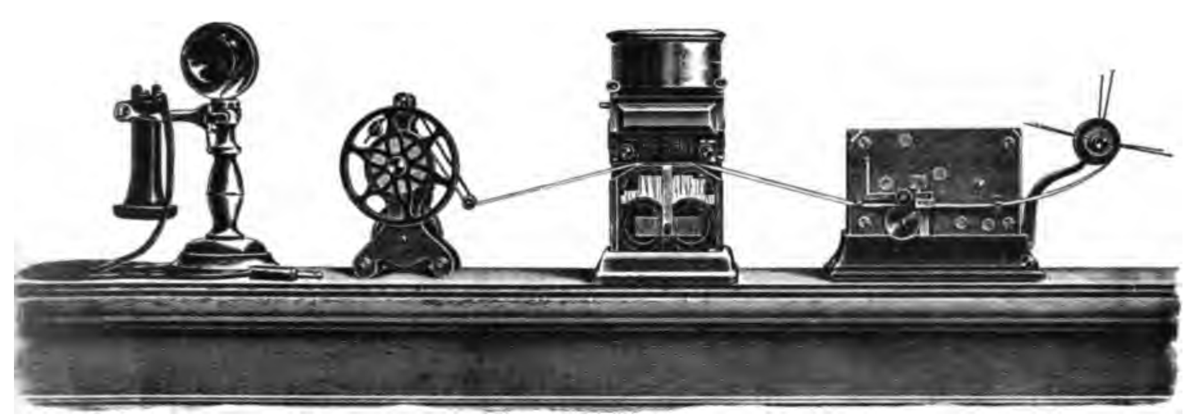


Fig. 52.



Fig. 53.

Die Verwendung je eines Zeitstempels für jede Melderschleife wird in den meisten Fällen zu kostspielig; es genügt daher oftmals, die auf den einzelnen Empfangsapparaten einlaufenden Meldungen auf einen für mehrere Schleifen gemeinsamen Registrierapparat zu übertragen, welchem ein Zeitstempelapparat mit Papieraufwickler beigegeben ist. Eine derartige Registriereinrichtung der Gamewell Co. mit Lochapparat zeigt Fig. 52. Dieselbe Einrichtung, jedoch mit Farbschreiber (Sammelmorse genannt), von Siemens & Halske ist in Fig. 53 abgebildet. Die Übertragung der Meldungen auf den Sammelmorse erfolgt entweder durch Relais, welche in die verschiedenen Melderschleifen eingeschaltet werden, oder über die isoliert aufgesetzten Anschlagständer der Morseapparatanker. Der kurze, für den

Druckmagneten des Zeitstempelapparates nötige Stromstoß wird meistens durch den an der Fallklappe jeder einzelnen Linie vorgesehenen Schleifkontakt sofort beim Abfall einer Klappe bewirkt.

Ferner stellt sich häufig die Notwendigkeit heraus, durch Anwendung eines selbsttätigen Schalters für die Alarmierung der Wache bei Einlauf einer Feuermeldung von der Anwesenheit eines Beamten bzw. von der schnellen Bedienung der Apparate unabhängig zu sein und infolgedessen das Bedienungspersonal der Empfangsstation des Nachts schlafen lassen zu können. Der zu diesem Zweck von SIEMENS & HALSKE konstruierte automatische Alarmschalter (Fig. 54) ist unter Verwendung eines Echappements so ausgebildet, daß die Einschaltung des Alarms erst nach mehreren Stromschlüssen und Unterbrechungen stattfindet, damit nicht bereits bei Leitungsbruch oder Telephonanruf eine Alarmierung erfolgt; ein derartiger Alarmschalter kann entweder nur für je eine Schleife oder gemeinsam für mehrere Schleifen Benutzung finden.

Soll der von Hand abzustellende Alarmschalter vermieden werden, jedoch der Alarm ebenfalls nur bei einer Feuermeldung erfolgen, so erhalten die Feuermelder Umschalter, welche beim Öffnen der Meldertür einen hohen Widerstand — in Parallelschaltung zur Kontaktvorrichtung des Laufwerkes und der Anruf- oder Telegraphiertaste — in den Linienstromkreis bringen. Es wird dann beim Telegraphieren bzw. beim Ablauf des Laufwerkes zum Zwecke der Revision nur eine Stromschwächung, jedoch keine Stromunterbrechung hervorgerufen.[1])



Fig. 54.

Auf der Empfangsstation erhält jede Schleife ein Relais, dessen Anker durch entsprechende Einstellung bei Stromschwächung angezogen bleibt, bei Stromunterbrechung jedoch zum Abfall kommt und dann die Alarmwecker einschaltet. Die Morseapparate selbst arbeiten sowohl bei Stromschwächung als auch bei Stromunterbrechung.

Die gesamte Beleuchtungsanlage der Feuerwache kann durch einen automatischen Lichtschalter, welcher nur bei Einlauf einer Feuermeldung in Wirksamkeit tritt, eingeschaltet werden. Ein derartiger Lichtschalter, welcher für Stromstärken von 50 Amp. ausreicht, ist in Fig. 74 unter dem Konsol sichtbar.

Die Bekanntgabe des Melders, von dem aus eine Feuermeldung erfolgt ist, an die ausfahrenden Feuerwehrleute geschah bisher meist durch Zuruf oder durch einen sogenannten Feuerzettel. Zur bequemeren Übermittelung dieser Nachrichten ohne Zeitverlust direkt vom Telegraphenzimmer aus haben SIEMENS & HALSKE eine Tableaueinrichtung eingeführt, welche die Nummer des Feuermelders in beliebig großen, durch Glühlampen erleuchteten Zahlen anzeigt. Über den Telegraphenapparaten befindet sich, wie Fig. 56 zeigt, ein Druckknopfschalter, auf welchem der Wachhabende sofort nach Ablesen der Meldung vom Papierstreifen des Morseapparates die Nummer des Melders

1) D.R.P. 175487.

durch Drücken der entsprechenden Knöpfe einstellt, wodurch auf mehreren in der Feuerwache verteilten Lichttableaus (Fig. 55) die eingestellte Nummer aufleuchtet. Diese bleibt so lange sichtbar, bis nach erfolgter Ausfahrt der Feuerwehr durch Umlegen eines Hebelschalters die mechanische Festhaltung der Knöpfe wieder aufgehoben wird. Durch das Lichttableau ist jedem einzelnen Feuerwehrmann die Möglichkeit geboten, sich zu vergewissern, wohin die Fahrt geht. Der Wachhabende kann sich selbst durch ein kleines Kontrolltableau (Fig. 56) von der richtigen Weitergabe der Nummer überzeugen. Da die Glühlampen derselben Zahlen in den einzelnen Lichttableaus in Hintereinanderschaltung liegen, muß sich jeder Fehler, welcher durch einen Leitungsbruch in der Zuleitung oder infolge des Durchbrennens einer Lampe entstanden ist, unbedingt auch auf dem Kontrolltableau bemerkbar machen, so daß beim Erscheinen falscher Nummern sofort abgestellt werden kann.



Fig. 55.



Fig. 56.

Der Druckknopfschalter kann für alle Melderschleifen gemeinschaftlich Verwendung finden. Die Bedienungsweise dieses Schalters richtet sich nach der Art der von den Meldern gegebenen Signale.

Bestehen die Melderzeichen aus Morsezeichen, welche sich meistens der Kürze wegen in den einzelnen Schleifen wiederholen, so muß der Beamte aus der Meldertabelle der betreffenden Schleife erst die Nummer des Melders feststellen. Bei Anwendung eines automatischen Alarmschalters für jede Schleife kann die erste Zahl, welche in diesem Falle die Schleifennummer (event. in römischen Ziffern) angibt, unmittelbar durch den Alarmschalter eingeschaltet werden.[1]) Der Druckknopfschalter enthält Knöpfe mit Meldernummern, deren Anzahl sich nach der Höchstzahl der in einer Schleife zulässigen Melder

1) D R.P. 178921.

richtet, so daß der Beamte nur denjenigen Knopf, welcher die entsprechende Nummer trägt, zu drücken hat. Sind hingegen sämtliche Melder der Anlage fortlaufend nummeriert, so daß die Meldernummern auf dem Papiersteifen in zu Zahlen gruppierten Punkten erscheinen, so sind die Knöpfe des Druckknopfschalters für dreistellige Zahlen in drei entsprechende Abteilungen geteilt. Soll beispielsweise nach Ablesung der Zahl 236 von dem Papierstreifen eines Morseapparates diese Zahl auf den Lichttableaus sichtbar gemacht werden, so drückt der Beamte denjenigen Knopf der ersten Abteilung, welcher die Zahl 2 trägt, dann aus der zweiten Abteilung den Knopf 3 und aus der dritten den Knopf 6.

Die einzelnen Zahlen stehen zwar auf dem Lichttableau, wie Fig. 55 zeigt, nicht unmittelbar nebeneinander, jedoch macht die Ablesung der Nummer keinerlei Schwierigkeiten.

Ist eine Feuermeldung nur auf telephonischem Wege erfolgt, so kann eine Meldernummer nicht angegeben werden. Das Erscheinen eines T (= Telephonmeldung) oder einer 0 auf den Lichttableaus kündet dann der Mannschaft an, daß die genaue Mitteilung der Brandstelle in diesem Falle durch den Wachhabenden mündlich erfolgen wird.

Andere Mitteilungen wie Probealarm, Großfeuer, Überlandfeuer usw. können entsprechend durch verabredete Nummern oder Buchstabenbezeichnungen erfolgen. Da die Aufstellung der Empfangslichttableaus in größerer Entfernung von der Zentralstation stattfinden kann, ist diese Einrichtung auch dann mit Vorteil anwendbar, wenn beispielsweise bei freiwilliger Feuerwehr die Empfangsapparate für die einlaufenden Feuermeldungen im Rathause untergebracht sind, das Lichttableau für die Mannschaften sich jedoch in dem Spritzenhause befindet.

Die Lichttableaus können an ein vorhandenes Starkstromnetz angeschlossen werden, oder mit Akkumulatoren bzw. mit Beutelbrikettelementen betrieben werden.

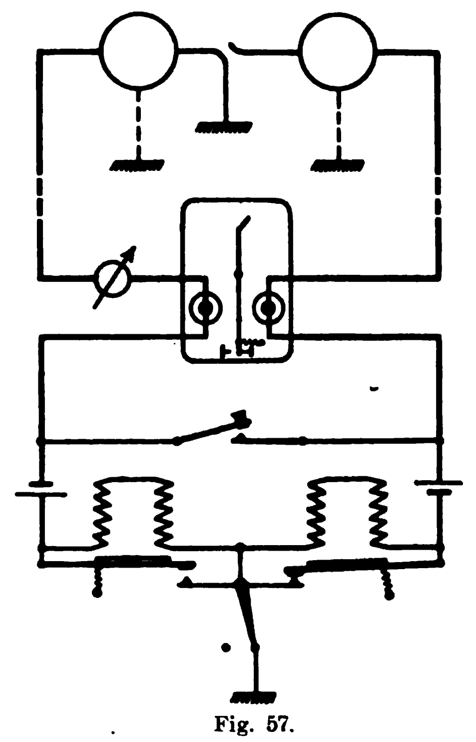
2. Die Morsesicherheitsschaltung.

Unter Verwendung eines Zentralverzögerungsmechanismus auf der Zentralstation und von Haltemagneten in den Meldern kann, wie bereits beschrieben, dem Umstande begegnet werden, daß die Werke zweier in einer Schleife ausgelöster Melder gleichzeitig ablaufen, wodurch einer Verstümmelung der Zeichen vorgebeugt wird. Obgleich diese Einrichtung sich im Betriebe gut bewährt, bleibt beim einfachen Morsesystem noch der Übelstand bestehen, daß bei einem Leitungsbruch ein Teil der Anlage außer Betrieb ist. Durch eine bemerkenswerte, bereits im Jahre 1884 eingeführte Einrichtung begegnet die Cölner Feuerwehr diesem Übelstande dadurch, daß in jedem Meldergehäuse zwei Laufwerke nebeneinander untergebracht sind, welche durch einen Zuggriff gleichzeitig ausgelöst werden. Jedes dieser beiden Laufwerke liegt jedoch in einer anderen Melderschleife, so daß eine Feuermeldung eigentlich aus zwei Meldungen besteht, welche auf verschiedenen, voneinander unabhängigen Empfangsapparaten einlaufen, die sich stets auch auf verschiedenen Feuerwachen befinden. Bei normaler Leitung erhalten daher jedesmal zwei Feuerwachen gleichzeitig die Feuermeldung, bei gebrochener Leitung erhält sie noch eine Wache. Leider hat diese

Einrichtung wegen der bedeutenden Anlagekosten trotz der kaum zu überbietenden Sicherheit keine weitere Verwendung gefunden.

Neuere Feuermeldeanlagen werden fast stets mit der durch Benutzung der Erdleitung als Reserveleitung erreichten Sicherheitsschaltung gegen Leitungsbruch ausgerüstet, welche sich vorzüglich bewährt hat. Besonders wertvoll ist sie in Anlagen für freiwillige Feuerwehren, weil hier im Gegensatz zu einer Berufsfeuerwehr bei Eintritt eines Leitungsbruches nicht sofort jemand zur Stelle ist, um die Aufsuchung und Beseitigung dieser Leitungsstörung vorzunehmen.

Die grundlegenden Prinzipien der Sicherheitsschaltung sind bereits beschrieben worden. Die größte Verbreitung hat die in Fig. 29 wiedergegebene Schaltung gefunden, bei welcher für jede Melderschleife zwei Morseapparate vorgesehen sind, damit auch das gleichzeitige Einlaufen zweier verschiedener Meldungen gesichert ist. Wird dieser Vorteil aus Sparsamkeitsrücksichten in kleinen Anlagen außer Betracht gelassen, so genügt es, nur einen Morseapparat zu benutzen, dessen Spulen jedoch geteilt werden, um zwischen ihnen bei Eintritt eines Leitungsbruches die Erdverbindung anlegen zu können (Fig. 57).


Fig. 57.

Erhält bei dieser Schaltung im Falle eines Leitungsbruches das eine Ende der Leitung an der Bruchstelle Berührung mit Erde, so würde der Morseapparat seinen Anker infolge des über diesen Leitungszweig und Erde fließenden Ruhestromes angezogen halten, wodurch das Einlaufen einer Meldung aus dem anderen Leitungszweig unmöglich gemacht würde. Der Anker wird deshalb dadurch wieder in Abfallstellung gebracht, daß der Ruhestrom durch Einschaltung eines Relais mit hohem Spulenwiderstand entsprechend geschwächt wird. Der Relaisanker, welcher durch kurzen Druck auf einen Taster zum Anzug gebracht worden ist, bleibt trotz des schwachen Ruhestromes angezogen, fällt jedoch beim Einlauf einer Meldung aus dem zugehörigen Leitungszweig sofort wieder ab und schließt dadurch die Relaisspule kurz.

Anstelle der Relais können auch entsprechend ausgebildete Fallklappen benutzt werden.

Da das Laufwerk des normalen Morseapparates bei Leitungsbruch infolge des Ankerabfalls dauernd weiterläuft, müßte ein Abstellen des Werkes von Hand stattfinden. Bei einer Meldung würde dann zwar der Morseschreibhebel arbeiten und das Alarmsignal ertönen, aber wegen des stillstehenden Papierstreifens würde ein Aufschreiben der Melderzeichen ausgeschlossen sein, weil der Wachhabende kaum imstande sein dürfte, den Arretierhebel während

der kurzen Ablaufzeit der Melderwerke so rechtzeitig umzulegen, daß wenigstens noch **ein** Zeichen aufgezeichnet werden könnte. Aus diesem Grunde erhält der Morseapparat eine Selbstauslösung mit Doppelarretierung, mittels welcher das Laufwerk bei angezogenem wie bei abgefallenem Anker nach einer bestimmten Laufzeit selbsttätig sowohl zum Stillstand gebracht als auch entsprechend wieder ausgelöst wird.

Anstatt die Spulen des Morseapparates zu teilen, ist es unter Anwendung der Relais, wie in Fig. 57, angängig, den Morseapparat mit Hilfe eines Umschalters unmittelbar in die Erdleitung einzuschalten. Mix & Genest benutzen die in Fig. 48 wiedergegebene Schaltung auch für das Morsesystem, indem anstelle des Zählwerkelektromagneten der Morseapparat tritt. Die Zentralstation einer für zwei Bezirke ausgeführten Anlage ist auf Tafel VII abgebildet.

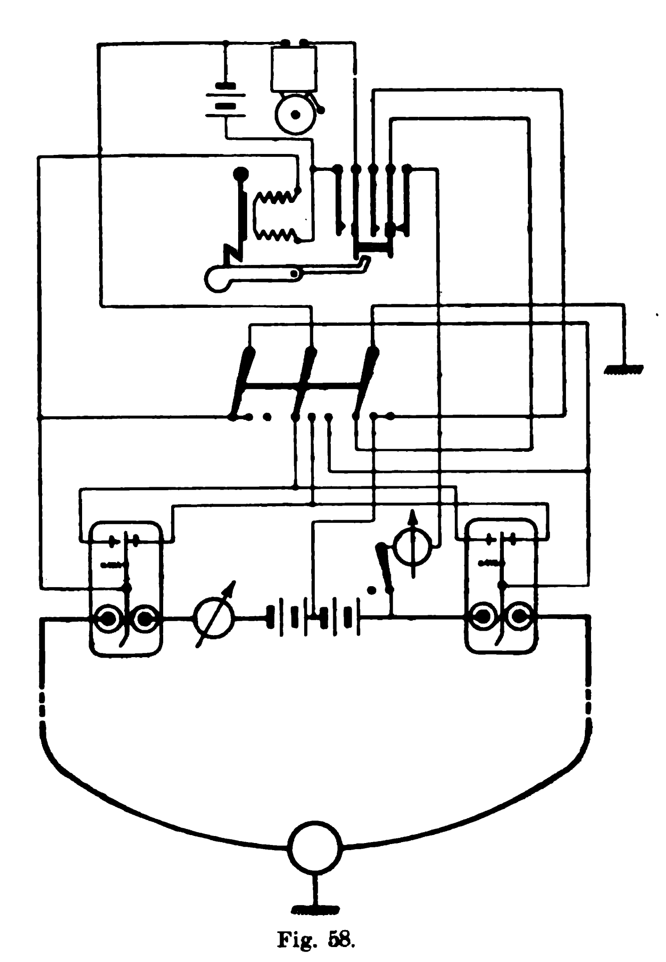


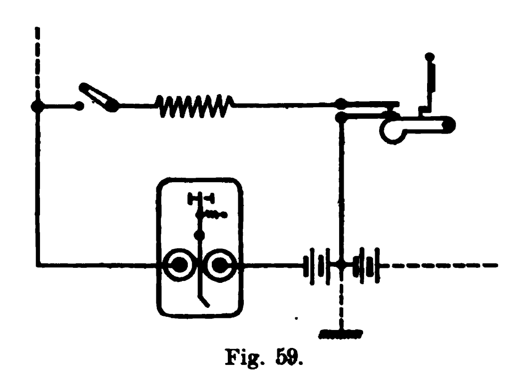
Fig. 58.

Die früher auch bei normalem Leitungszustand übliche dauernde Erdung der Mitte der Linienbatterie ermöglicht nur eine periodische Prüfung der Leitung auf Erdschluß, weil infolge der Anlegung des geerdeten Galvanoskopes an den einen Pol der Batterie die Erdverbindung zur Mitte der Batterie im Augenblick der Prüfung unterbrochen werden muß. Bei der heute gebräuchlichen automatischen Erdschlußkontrolle, welche bereits vorn beschrieben wurde (siehe Fig. 38), liegt der Erdschlußanzeiger bei normaler Leitung ständig an einem Pol der Batterie; bei Leitungsbruch muß daher einerseits ein Abschalten des Erdschlußanzeigers, andererseits die Herstellung der Erdverbindung zur Mitte der Linienbatterie bewirkt werden. Würde für diesen Zweck ein Handschalter vorgesehen, so wäre — bei Anwendung zweier Morseapparate für jede Schleife — das gleichzeitige Einlaufen zweier Meldungen wegen der fehlenden Erdverbindung zur Batteriemitte nicht möglich. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit eine Fallklappe mit selbsttätiger Umschaltvorrichtung anstelle des Handschalters zu benutzen. Derartige Fallklappen sind daher bei den nachstehend beschriebenen Aus-

führungen der Morsesicherheitsschaltung von Siemens & Halske, welche die weitaus größte Verwendung gefunden hat, durchweg benutzt worden.

Wie aus dem Schema Fig. 58 ersichtlich ist, bewirkt die erste Unterbrechung des Linienstromes bei einer Meldung den Abfall der Anker beider Morseapparate. Hierdurch wird über die Anschlagständer der Schreibhebel ein Lokalstromkreis für den Klappenelektromagneten geschlossen; die Klappe fällt und schaltet infolge ihrer Einwirkung auf entsprechende Kontaktfedern den Alarmwecker und die zur Mitte der Schleifenbatterie führende Erdverbindung ein. Gleichzeitig wird der Erdschlußanzeiger abgeschaltet. Nunmehr können einerseits zwei gleichzeitig abgegebene Meldungen einlaufen, andererseits sind die Apparate aber auch sofort zur Aufnahme von Meldungen bereit, falls die Stromunterbrechung nicht durch eine Meldung sondern infolge eines Leitungsbruches eingetreten war.

Die Fallklappe wird nach Einlauf der Meldung durch den wachhabenden Beamten wieder hochgerichtet; wegen des dauernd läutenden Alarmweckers kann dieser Handgriff nicht vergessen werden. Bei Leitungsbruch würde die Klappe jedoch sofort wieder abfallen, weil infolge ihres Anhebens ihr Anker angezogen wird. Erst nach Umlegen eines Leitungsbruchschalters, welcher ein Wechseln der Ruhe- und Arbeitsstromkontakte an den beiden isolierten Anschlagsäulen des Morseapparates bewirkt, ist der Beamte imstande, die Fallklappe abzustellen. Sollte jedoch ein Ende der Leitung an der Bruchstelle mit Erde in Verbindung gekommen sein, also der betreffende Leitungsstrang mit dem einen Morseapparat unter Ruhestrom stehen, so wäre ein Wechsel der Kontakte am Ausschlagständer dieses Morseapparates ohne Erfolg; dem Beamten ist es daher, wie aus dem Schaltungsschema unschwer ersichtlich ist, erst nach Umstellung des Leitungsbruchschalters in die dritte Stellung möglich, die Fallklappe endgültig in ihre Ruhelage zu bringen. Der Leitungsbruchschalter erfüllt also denselben Zweck, wie der bereits in Fig. 48 dargestellte sogenannte Notschalter.


Fig. 59.

Für den Fall, daß die bei der eben beschriebenen Schaltung vorausgesetzte Benutzung der Doppelarretierung für die Morseapparate nicht gewünscht wird, haben Siemens & Halske eine elektrische Festhaltung der Morseapparate bei Leitungsbruch in zwei verschiedenen Ausführungen unter Verwendung je einer Klappe für jeden Morseapparat eingeführt. Die erste Ausführungsart [1]) besteht darin, daß bei Leitungsbruch anstelle der gebrochenen äußeren Schleifenleitung durch Umlegen des Leitungsbruchschalters zwei künstliche Schleifen hergestellt werden, von denen jede einen Morseapparat und eine Hälfte der Linienbatterie umfaßt, so daß die Morseapparate wieder unter Ruhestrom stehen (Fig. 59). Beim Einlauf einer Meldung wird durch Abfallen der Klappe die künstliche Schleife des betreffenden Morseapparates

1) D.R.P. 161229.

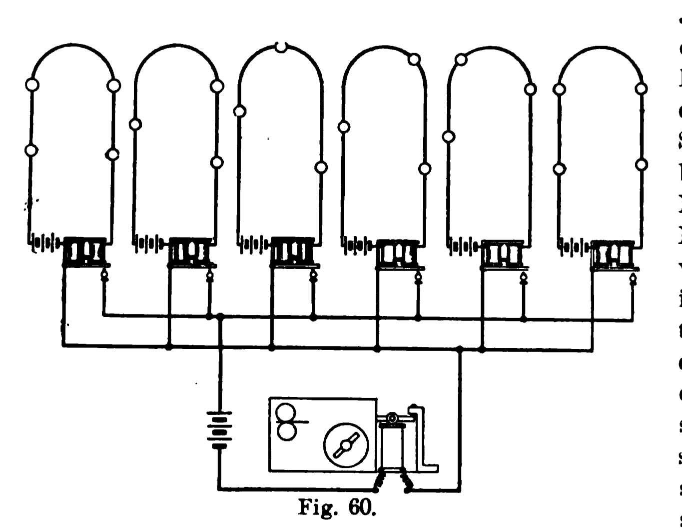
wieder unterbrochen, damit der freigegebene Apparat die Meldung aufnehmen kann.

Bei der zweiten Ausführungsart[1]) wird an jedem Morseapparat ein Elektromagnetsystem angebaut, dessen Anker in angezogener Stellung nach Art einer Bremse auf die Windflügelachse des Laufwerkes wirkt. Die Freigabe des Laufwerkes erfolgt beim Einlauf einer Meldung gleichfalls durch Abfall der Klappe.

Eine interessante Einrichtung haben SIEMENS & HALSKE für die Anwendung des auf Seite 278 erwähnten automatischen Alarmschalters bei der Morsesicherheitsschaltung vorgesehen; diese ermöglicht, daß beim Telegraphieren bzw. beim Revidieren der Melder das Ansprechen der Alarmschalter verhindert wird, indem infolge des selbsttätigen Umlegens eines Schalters beim Öffnen einer Meldertür künstlich ein direkter Erdschluß in der Schleifenleitung herbeigeführt wird (Revisionsschaltung).[2]) Nach Abfall der Klappen bei der ersten Stromunterbrechung wird der Anker desjenigen Morseapparates, auf dessen Seite dieser Erdschluß liegt, infolge des über Erde zurückfließenden Ruhestroms festgehalten, während der andere Morseapparat, welcher nicht mit dem Alarmschalter in Verbindung steht, die Revisionsmeldungen aufnimmt.

3. Die kombinierte Morsesicherheitsschaltung.

Schon frühzeitig wurde bei der einfachen Morseschaltung eine Ersparnis an Apparaten für kleinere Anlagen dadurch zu erreichen gesucht, daß für mehrere Schleifen gemeinschaftlich nur ein Morseapparat Verwendung fand. Jede Schleife erhält nur ein Relais, welches in Parallelschaltung zu denjenigen der anderen Schleifen, also in Arbeitsstromschaltung, die Melderzeichen auf den Morseapparat überträgt, wie Fig. 60 zeigt. Besser ist es jedoch, die Kontakteinrichtungen der einzelnen Relais mit dem Morseapparat zusammen in eine geschlossene Schleife zu schalten, um eine Ruhestromkontrolle auch für diesen Ortsstromkreis zu ermöglichen. Das Bedürfnis, mit Apparaten möglichst zu sparen, tritt selbstverständlich bei der Morsesicherheitsschaltung in noch größerem Maße zutage, da neben der Kostenfrage auch oftmals die Unterbringung von zwei Morseapparaten für jede Linie wegen Raummangels Schwierigkeiten ver-


Fig. 60.

1) D.R.P. 173155.
2) D.R.P. 171411.

ursacht. Siemens & Halske haben diesen Forderungen dadurch Rechnung getragen, daß eine Kombination geschaffen wurde, welche unter Beibehalt sämtlicher Vorteile der Morsesicherheitsschaltung die gemeinsame Benutzung von nur 2 Morseapparaten für etwa 4 oder 5 Schleifen gestattet.[1] Das Prinzip dieser in Fig. 61 wiedergegebenen Schaltung beruht darauf, daß in der Ruhelage die beiden Morseapparate in einer über die Fallklappen der einzelnen Schleifen geschlossenen, unter Ruhestrom stehenden Lokalschleife liegen. Bei Einlauf einer Meldung werden durch Abfall der zu der betreffenden Außenschleife gehörigen Klappe die Relais und die Linienbatterie

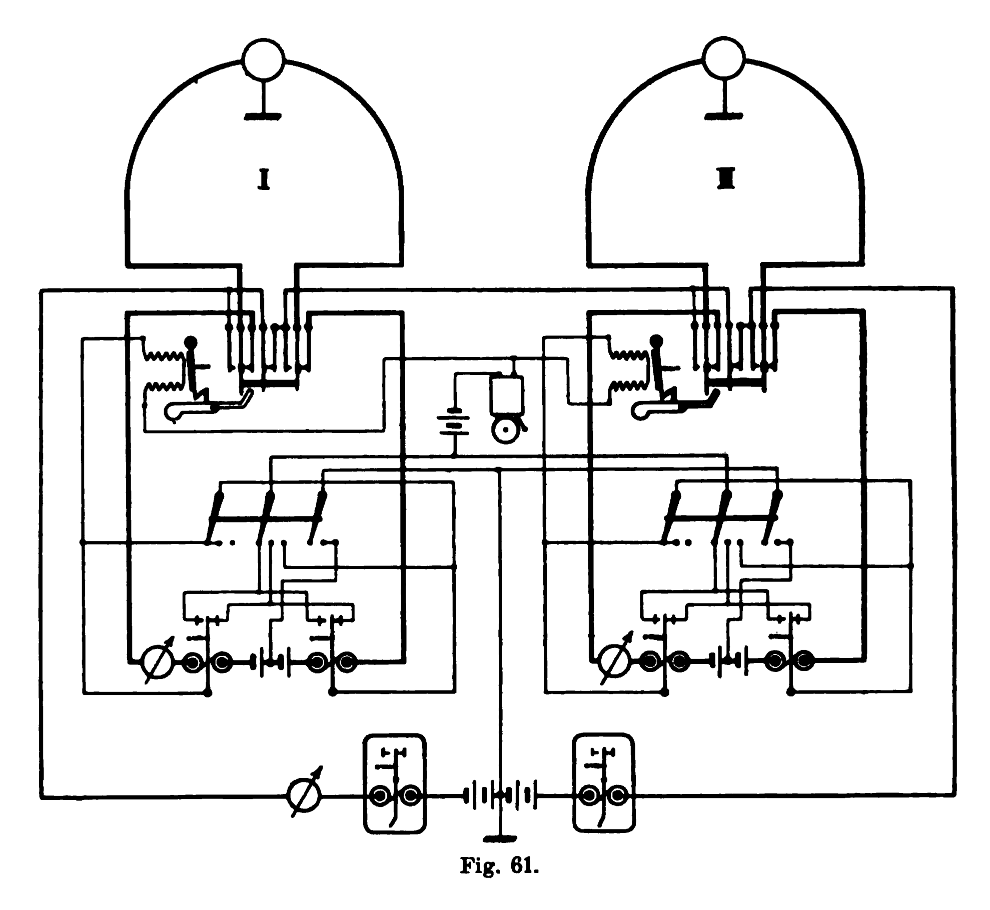


Fig. 61.

dieser Schleife abgeschaltet, während die beiden Morseapparate mit ihrer Lokalbatterie in die Außenschleife eingeschaltet werden. Der Stromlauf ist dann demjenigen der normalen Morsesicherheitsschaltung gleich.

Die Morseapparate nehmen daher, ohne daß irgend eine Übertragung durch Relais nötig ist, die Meldungen unmittelbar auf.

Bei Abgabe zweier aus verschiedenen Schleifen gleichzeitig erfolgender Meldungen werden die beiden in Betracht kommenden Außenschleifen mit der Lokalschleife zu einer großen Schleife vereinigt, so daß beide Meldungen gleichzeitig aufgenommen werden können. Wegen der in den Lokalstromkreis eingeschalteten hohen Ausgleichswiderstände spielt der Widerstand der

1) D.R.P. 189434. Ausgeführt für Moskau, Meißen, Werdau, Rheydt u. a. m.

äußeren Schleifen bei dieser Zusammenschaltung keine große Rolle. Eine derartig ausgebildete Anlage kann daher als eine große Schleife angesehen werden, welche nur der bequemeren Kontrolle wegen in mehrere Einzelschleifen zerlegt ist.

Durch Vermittelung eines Drahtbruchschalters für jede Einzelschleife ist die Aufrechterhaltung des Betriebes bei allen Leitungsstörungen genau wie bei der normalen Morsesicherheitsschaltung gewährleistet.

Bei einer zweiten Ausführungsart der kombinierten Morsesicherheitsschaltung findet ein Hintereinanderschalten der Lokalschleife mit den Melderschleifen nicht statt; die Schleifenrelais werden nicht ausgeschaltet, sondern übertragen die Melderzeichen in die unter Ruhestrom stehende Lokalschleife.

In Verbindung mit Telegrapheninspektor Rohde-Cöln wurde die Bedienung bei dieser Schaltung dadurch vereinfacht, daß der von Hand umzulegende Leitungsbruchschalter durch Kombination der für jede Melderschleife vorgesehenen Schleifenrelais mit zwei Fallklappeneinrichtungen in Wegfall kommt.[1]) Die Schleifenrelais sind derartig ausgebildet, daß ihre Anker außer zur Kontaktvermittelung gleichzeitig noch als Träger für je zwei unmittelbar hintereinander auf derselben Achse angeordnete Klappen dienen. Beim Abstellen werden diese beiden Klappen gleichzeitig angehoben; je nach Stellung des Ankers bleibt jedoch nur eine derselben in der aufgehobenen Lage, während die andere wieder abfällt. Jede Klappe wirkt auf eine eigene Umschaltvorrichtung, welche demselben Zweck dient, wie der Leitungsbruchschalter in den vorbeschriebenen Schaltungen.

Der Beamte hat daher nach einer Meldung oder bei Eintritt eines Leitungsbruches u. dgl. nur einen Handgriff auszuführen, d. h. die Klappen zu heben. Die für den betreffenden Fall nötigen Umschaltungen bewirkt die oben bleibende Klappe selbsttätig.

4. Die Übertragung von Feuermeldungen.

In größeren Städten mit mehreren Feuerwachen ergibt sich die Notwendigkeit, die einzelnen Wachen über eine eingegangene Feuermeldung entsprechend zu verständigen. Aus Gründen der Sicherheit wird meist von vornherein davon abgesehen, Feuermeldungen nur auf telephonischem Wege von einer Wache an die anderen weitergeben zu lassen; die Übermittelung geschieht vielmehr gewöhnlich auf telegraphischem Wege. Der Ausbau einer Feuermeldeanlage kann hierfür nach drei verschiedenen Grundprinzipien geschehen:

Bei der ersten Ausführungsart laufen sämtliche Feuermeldelinien von einer Zentralstation aus, welche sich in den meisten Fällen auf einer Feuerwache, der sogenannten Hauptwache, befindet (Fig. 62). Die anderen Wachen, Nebenwachen genannt, sind mit der Hauptwache durch eine Ringlinie (Sprechlinie) derartig verbunden, daß auf jeder Nebenwache ein in diese Sprechlinie eingeschalteter Morseapparat vorgesehen ist. Die Weitergabe einer auf der Hauptwache eingegangenen Feuermeldung geschieht meist von Hand durch Abgabe einer Depesche, wodurch ein telephonischer Verkehr vollständig in Fortfall kommen kann. Soll jedoch ein telegraphischer Verkehr gänzlich vermieden werden, damit eine Ausbildung der Mannschaften

1) D.R.P. angemeldet.

im Telegraphieren unnötig wird, so wird für die Übertragung der Meldernummer ein mit verstellbaren Typenscheiben versehenes Repetierlaufwerk benutzt, wie es Fig. 65 zeigt. Auf diesem wird die in Betracht kommende Meldernummer durch Drehung entsprechender Schalter eingestellt. Für die Hunderter, Zehner, Einer ist je ein Drehschalter vorgesehen; jeder Schalter wird so lange gedreht, bis die gewünschte Ziffer hinter einem Fenster sichtbar wird. Nach beendeter Einstellung wird die Kurbel umgelegt, wodurch

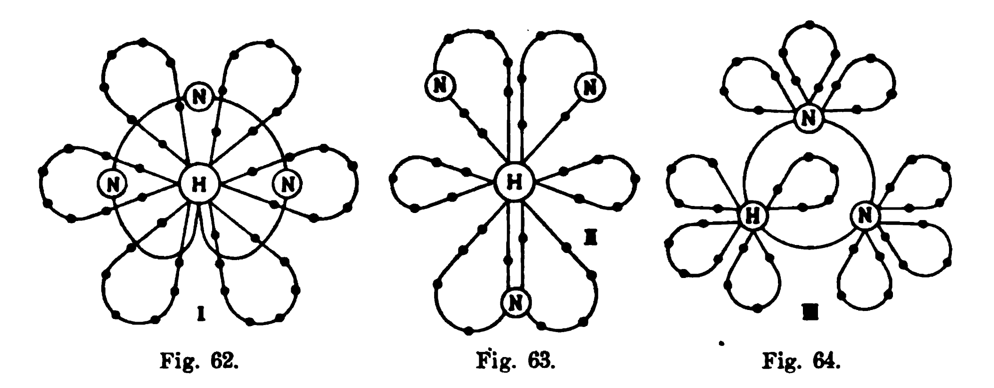


Fig. 62. Fig. 63. Fig. 64.

die Meldernummer infolge Ablaufs des Werkes in zweimaliger Wiederholung in die Ringlinie übertragen wird und somit auf sämtlichen Nebenwachen gleichzeitig einläuft. Neben den Meldernummern können durch verabredete Zahlen die verschiedenartigsten Kommandos abgegeben werden. Eine der Feuerwehr telephonisch übermittelte Feuermeldung muß jedoch an die Nebenwachen ebenfalls telephonisch weitergegeben werden, da in diesem Falle eine Meldernummer nicht in Frage kommt.

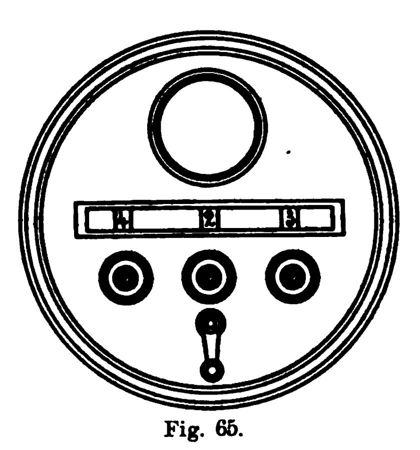


Fig. 65.

Diese Schaltung ist besonders empfehlenswert, wenn stets mehrere Wachen gleichzeitig zu einem Feuer ausrücken, und daher an alle Wachen die Meldung gleichzeitig weitergegeben werden soll.

Bei der zweiten Verteilungsart (Fig. 63) sind jedesmal diejenigen Schleifen, welche die in dem Ausrückungsbereich einer bestimmten Nebenwache liegenden Melder enthalten, durch diese Nebenwache hindurch geführt, so daß eine Feuermeldung gleichzeitig auf den Morseapparaten der Hauptwache und der in Frage kommenden Nebenwache erfolgt, ohne daß eine weitere Übermittelung nötig wird. Da infolgedessen die Nebenwache ohne Zeitverlust abrücken kann, empfiehlt sich diese Schaltung besonders dann, wenn bei einer Feuermeldung von der in Betracht kommenden Nebenwache stets ein vollständiger Löschzug ausrückt, während von der Hauptwache eventl. nur ein Löschgerät zur Unterstützung nachfolgt.

Sobald für die Feuermeldeanlage Sicherheitsschaltung gegen Leitungsbruch vorgesehen ist, werden die Nebenwachen vorteilhaft ebenso wie die

Hauptwache mit zwei Morseapparaten für jede Linie ausgerüstet, während die zugehörigen Linienbatterien jedoch nur auf der Hauptwache Aufstellung finden. In den beiden Verbindungsleitungen zwischen Haupt- und Nebenwache dürfen keine Melder eingeschaltet werden, damit die Nebenwache auch bei Leitungsbruch jede Meldung erhält. Um auch bei doppelseitigem Leitungsbruch in den Verbindungsleitungen den Betrieb aufrecht erhalten zu können. wird auf der Nebenwache als Reservestromquelle ein Umformer, wie er in Fig. 45 dargestellt ist, vorgesehen. Dieser übernimmt nach Einschaltung in die auf der Nebenwache provisorisch geschlossene Linie die Stromlieferung, bis die genannte Leitungsstörung behoben ist.

Bei der dritten Ausführungsart (Fig. 64) wird eine vollständige Dezentralisation der Empfangsapparate vorgenommen. Jede Wache erhält eine selbständige Zentralstation für die zu ihrem Bezirk gehörigen Melder. Eine Ringlinie verbindet die einzelnen Wachen untereinander. Die Leitungslängen der einzelnen Schleifen sind bedeutend kürzer, wie bei den beiden anderen Schaltungen, jedoch erhöhen sich die Kosten für die Zentralstationen. Diese Schaltung wird hauptsächlich angewendet, wenn zu einem Feuer jedesmal nur eine selbständige Wache allein ausrückt.

Welcher der drei Schaltungsarten der Vorzug zu geben ist, hängt von den jeweiligen örtlichen Verhältnissen ab. In Amerika ist hauptsächlich die erste Schaltungsart (Fig. 62) in Anwendung, während in Deutschland die zweite Schaltung (Fig. 63) häufiger ist.

C. Das Einschlagglockensystem.

1. Feuermeldeanlagen in Amerika.

In Deutschland gilt allgemein der Grundsatz, zu einem Feuer möglichst mit einem vollständigen Löschzug abzurücken, weil dadurch der leitende Offizier gleich bei Beginn des Angriffes in der Lage ist, einheitliche Maßnahmen in umfassender Weise zu treffen. Die Feuerwachen sind daher meist in solcher Größe gebaut, daß sie für die Unterbringung sämtlicher zu einem Löschzug gehöriger Fahrzeuge ausreichen. In Amerika herrscht jedoch die gegenteilige Ansicht. Die gesamte Feuerwehr einer größeren Stadt ist in viele einzelne Kompagnien geteilt, von denen zwar jede eine eigene Feuerwache, jedoch nur höchstens zwei Fahrzeuge erhält. Zu einem Feuer müssen daher stets mehrere Kompagnien ausrücken. Die einzelnen Wachen sind nur mit den zur Bedienung der Löschgeräte notwendigsten Mannschaften belegt, so daß beim Ausrücken niemand auf den Wachen zurückbleibt. Die Übermittelung von Feuermeldungen muß aus diesem Grunde in ganz anderer Weise wie bei den deutschen Feuerwehren geschehen. Es gilt als erste Bedingung, daß für die Entgegennahme von Feuermeldungen auf einer Wache niemand besonders ausgebildet zu werden braucht; von einer Meldung sollen vielmehr alle auf einer Wache anwesenden Personen gleichzeitig benachrichtigt werden. Diese Forderung schließt die alleinige Benutzung von Morseapparaten für die Übermittelung von Feuermeldungen, sowie die Anwendung der Morsezeichen, welche sich bei Anlagen mit einer großen Anzahl von Meldern in den einzelnen Schleifen wiederholen müßten, von vornherein aus; es kommt daher nur das Zahlensystem in Betracht.

Um jede Verwechselung von Meldern unmöglich zu machen, werden die sämtlichen Melder fortlaufend numeriert; es genügt dann bei einem Feuer, allen Wachen die Nummer des benutzten Melders mitzuteilen, um die der Brandstelle am nächsten gelegenen Wachen zum Ausrücken zu veranlassen. Diese Mitteilung geschieht auf akustischem Wege durch Einschlagglocken, indem aus der Gruppierung einzelner Glockenschläge die Nummer des Melders abgehört werden kann. Damit für den Betrieb derartiger Wecker die Unterhaltung von Batterien auf den Wachen fortfällt, sind die Wecker mit mechanischen, durch Federkraft getriebenen Laufwerken ausgerüstet, welche für jeden Glockenschlag von in den Alarmlinien liegenden Elektromagneten ausgelöst werden. Die sämtlichen Feuermeldeschleifen werden (wie in Fig. 62) nach einer Zentralstelle geführt, welche jedoch in der Regel nicht auf einer Feuerwache selbst, sondern in einem beliebigen städtischen Gebäude, am häufigsten auf dem Rathause, untergebracht ist. Sämtliche Feuermeldungen, auch die auf telephonischem Wege mitgeteilten, gehen auf dieser Zentralstation ein und werden von hier aus an die Feuerwachen weitergegeben. Diese Übermittelung geschieht in Großstädten meist auf folgende Weise: Läuft eine Feuermeldung ein, so ruft der wachhabende Beamte die einzelnen Ziffern der Nummer des Melders, welche er auf dem Empfangsapparat bereits während des Einlaufens abliest, einem zweiten Beamten zu; dieser stellt die Nummer auf einem Übermittelungsapparat (Transmitter) durch Drehen von Schalträdern ein, ähnlich wie bei dem auf Seite 287 beschriebenen Repetierlaufwerk, worauf die Nummer in sämtliche Alarmlinien gleichzeitig mit mehrmaliger Wiederholung übertragen wird. Auf telephonischem Wege eingegangene Meldungen müssen jedoch den Wachen ebenfalls durch Fernsprecher mitgeteilt werden. Die Feuerwachen erhalten also die Feuermeldungen erst auf dem Umwege über die Zentrale, wobei Irrtümer und Zeitverluste nicht ausgeschlossen sind. Die in Deutschland gebräuchliche, in Fig. 63 wiedergegebene Schaltung, bei welcher diejenige Wache, welche ausrücken muß, die Meldung unmittelbar vom Melder selbst erhält, ist daher in vielen Fällen vorteilhafter.

Als Empfangsapparate dienen bei den großen amerikanischen Anlagen ebenso wie in Deutschland Morseapparate (Farbschreiber), welche jedoch derartig eingerichtet sind, daß jeder Apparat 4 Magnetsysteme und 4 Schreibhebel, jedoch nur e i n Laufwerk mit entsprechend breitem Papierstreifen enthält. Ein Farbschreiber kann daher für 4 Melderschleifen gleichzeitig Verwendung finden. In mehreren Anlagen sind diese Empfangsapparate bei entsprechender Ausgestaltung sogar in solcher Größe in Anwendung, daß sie an 20 Melderschleifen aufnehmen können (multiple pen-register). Da diese Kombinationen nur eine Platzersparnis, jedoch keine größere Betriebssicherheit und keine leichtere Bedienung bieten, wie die in Deutschland gebräuchlichen einfachen Farbschreiber, dürfte die Weiterverwendung des altbewährten einfachen Farbschreibers vorzuziehen sein.

Bei Anlagen kleineren Umfanges wird in Amerika die Weitergabe der Meldernummer in die Alarmlinien anstatt von Hand durch Vermittelung eines automatischen Übertragungsapparates (Repeaters)[1]) bewirkt, so daß die Mitteilung der Feuermeldung an die Wachen ohne Zeitverlust gleichzeitig mit der Abgabe des Signals durch den Melder erfolgt.

1) U.S.A. Patent 596250.

Diese Einrichtung hat unter dem Namen „Gamewell-System“ infolge der Vorführung einer kleinen Anlage auf der Feuerschutzausstellung in Berlin im Jahre 1901 auch in Deutschland Eingang gefunden.

Hierdurch sah sich die Firma Siemens & Halske gezwungen, auch ihrerseits ein System zu schaffen, welches dieselben Bedingungen, wie das Gamewell-System, erfüllen konnte. Dies ist ihr nach verhältnismäßig kurzer Zeit in dem sogenannten „Einschlagglockensystem“ unter Verwendung bzw. Kombinierung aller bereits bei ihren anderen Feuermeldesystemen vorliegenden Schaltungsprinzipien derartig gelungen, daß es in vielen Beziehungen als das vollkommenste System angesehen werden kann.

Die weite Verbreitung des Gamewell-Systems in Amerika wird dadurch erklärt, daß die Gamewell Co. infolge von Vereinigungen bzw. Verträgen mit anderen Firmen, welche früher selbständig Feuermeldeanlagen bauten, konkurrenzlos war. Die einzelnen Städte waren daher genötigt, wenn sie eine brauchbare Feuermeldeanlage erhalten wollten, diese von der Gamewell Co. ausführen zu lassen. Hierbei konnte jedesmal nur ein System in Frage kommen, nämlich dasjenige, welches diese Firma fabrikationsmäßig herstellte.

Erst in letzter Zeit hat auch die Star Electric Co. die selbständige Fabrikation von Feuermeldern und den Bau von Anlagen aufgenommen.[1]) Ferner baut die Northern Electric and Manufacturing Co. in Montreal, welche früher mit der Gamewell Co. in Verbindung stand, die Gamewell-Meldertypen, die in Canada nicht geschützt sind.

2. Grundlagen des Einschlagglockensystems.

Die dem deutschen und dem für die deutschen Verhältnisse modifizierten amerikanischen System zugrunde liegenden Prinzipien sind, kurz zusammengestellt, folgende:

Bei einer Feuermeldung wird die Nummer des benutzten Melders auf der Zentralstation, welche meist auf einer Feuerwache untergebracht ist, auf dreierlei Weise wiedergegeben: Erstens wird die Nummer von einem Registrierapparat, welcher mit Zeitstempel und Papieraufwickler versehen ist, aufgeschrieben, zweitens erscheint sie auf einem in der Wagenhalle angebrachten Nummernapparat (Indikator), wie ihn Fig. 66 zeigt, drittens schlagen mehrere Glocken in der Feuerwache die Nummer mit, so daß sie von den Mannschaften sowohl abgelesen, wie auch abgehört werden kann. Nebenwachen oder beliebige andere Stellen, wie Polizeiwachen, Wasserwerke, Wohnungen von Feuerwehr-Offizieren und dergleichen, erhalten nur Signalglocken oder nach Bedarf ebenfalls Nummernapparate und Registriereinrichtungen. Diese Apparate werden entweder in selbständige, unter Ruhestrom stehende Alarmschleifen oder unmittelbar in die Melderschleifen eingeschaltet.

Sämtliche Melder- und Alarmschleifen führen zu dem Hauptapparat der gesamten Anlage, dem „Übertrager“ (Repeater), von dem aus die Weitergabe der Meldung sowohl auf die Apparate der Wache selbst, als auch auf diejenigen der Nebenwachen gleichzeitig erfolgt.

1) Außer mehreren kleineren Anlagen hat die Star Co. den Neubau der Anlage Cleveland ausgeführt.

Aus der Benutzung nur eines Zentralapparates für sämtliche Melderschleifen ergibt sich die Notwendigkeit der Verwendung von Meldern, welche mit Einrichtungen zur Verhinderung des gleichzeitigen Ablaufens zweier Melderlaufwerke versehen sind. Die GAMEWELL Co. verwendet aus diesem Grunde den auf den Seiten 251—253 beschriebenen Melder, während SIEMENS & HALSKE ihre nach Fig. 31 geschalteten Melder benutzen. Die Signale gleichzeitig in derselben oder in verschiedenen Schleifen ausgelöster Melderwerke können daher hintereinander eingehen. Die GAMEWELL Co. läßt die zweite Meldung sofort nach Beendigung der vorhergehenden einlaufen, ohne Rücksicht darauf, ob der Nummernapparat bereits wieder abgestellt worden ist. In den Anlagen von SIEMENS & HALSKE wird der zweite Melder so lange arretiert, bis nach Beendigung der ersten Meldung die Empfangsapparate, d. h. Übertrager und Nummernapparat, sich wieder in der Ruhelage befinden, damit zur Vermeidung von Irrtümern niemals eine andere Nummer auf dem Nummernapparat sichtbar bleiben kann, als wie diejenige, welche gleichzeitig durch die Glockenschläge angegeben wird. Hierbei wird die Einrichtung auf Wunsch noch derartig getroffen, daß das Zurückstellen der Zentralapparate erst geschehen kann, wenn die Indikatoren der Nebenwachen ebenfalls wieder abgestellt worden sind. Ferner ist zu beachten, daß beim GAMEWELL-System infolge der mehrmaligen Umdrehung der Typenscheibe die Pause, welche nach Abgabe einer Zahl bis zu ihrer Wiederholung stattfindet, bei den einzelnen Meldern verschieden lang ist.



Fig. 66.

Bei den Meldern von SIEMENS & HALSKE macht die Typenscheibe trotz der dreimaligen Wiederholung der Meldernummer nur eine einmalige Umdrehung. Infolgedessen können die Einschnitte für die Nummern auf den Umfang der Scheibe derartig verteilt werden, daß die Pausen bei allen Meldern völlig gleichmäßig sind (Fig. 31). Das Abhören der Meldernummern wird hierdurch bedeutend erleichtert.

3. Ausführung des Gamewellsystems.

Der Übertrager der GAMEWELL Co., welcher in Fig. 67 abgebildet ist, enthält für jede Melderschleife ein Elektromagnetsystem, welches die Übertragung auf die Empfangsapparate nicht unmittelbar auf elektrischem Wege, sondern durch Vermittelung eines mit Gewichtsbetrieb arbeitenden Schaltwerkes bewirkt. Des Gewichtsablaufs wegen steht der Übertrager auf einem schrankartigen Unterbau (vgl. Tafel VIII).

Die Wirkungsweise dieses Apparates ergibt sich aus den Abbildungen 68—71. Wie aus dem Schema Fig. 68 ersichtlich ist, endigen die Melderschleifen 1 und 2 in je zwei Stromschlußfedern F_1 bzw. F_2, welche durch einzelne, auf der aus Isoliermasse bestehenden Walze W angebrachte Kontaktstücke geschlossen sind. Parallel zu diesen Stromschlußfedern befinden sich die Nebenschlußfedern i und k. Sobald die beiden Federn i und k geöffnet sind, findet während einer Umdrehung der Walze W eine Stromunterbrechung in den Melderschleifen statt. Sind also in den Melderschleifen Empfangsapparate E_1 bzw. E_2 (Glocken oder Indikatoren) auf den Nebenwachen ein-

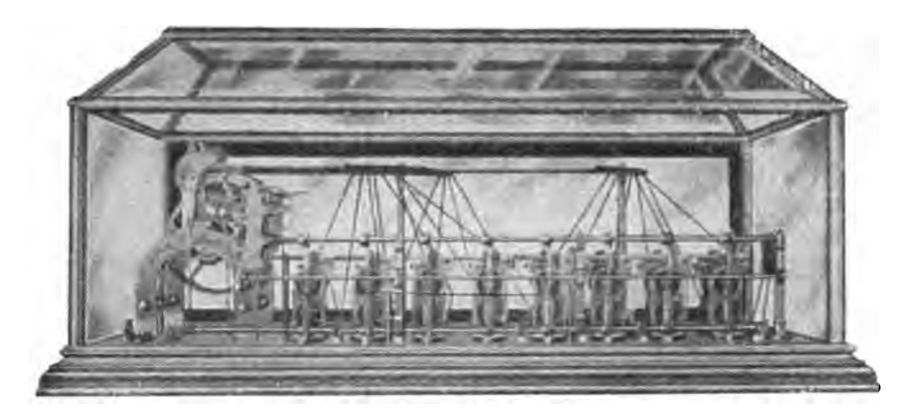


Fig. 67.

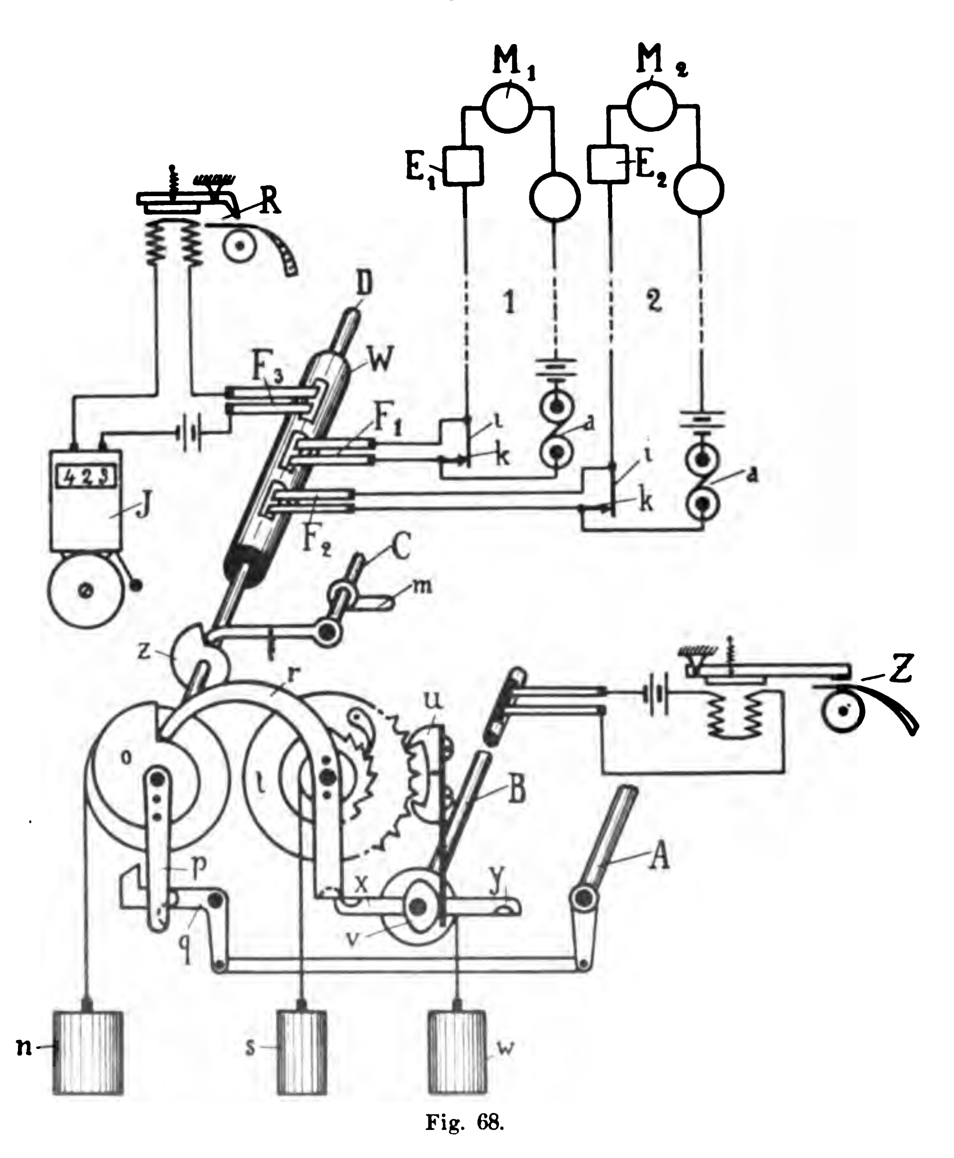


Fig. 68.

geschaltet, so erfolgt ein Ansprechen derselben bei jeder Umdrehung der Walze W. Ebenso wird die Übertragung der Meldungen auf die Empfangsapparate der Zentralstation (Registrierapparat R, Indikator J mit Glocke) durch dieselbe Walze über die Stromschlußfedern F_2 bewirkt. Da die Anlagen mit deutschem Ruhestrom arbeiten, ergibt sich, daß die Weitergabe einer Meldung durch eine entsprechende Anzahl von Unterbrechungen, hervorgerufen durch Umdrehungen der Walze W, erfolgen muß. Diese Drehungen der Walze werden folgendermaßen herbeigeführt:

Der Anker b eines Schleifenelektromagneten a wird in den Abbildungen 69—71 in den drei Stellungen gezeigt, welche er überhaupt einnehmen kann: Fig. 69 zeigt die Ruhestellung, in welcher der Anker angezogen ist. In Fig. 70 ist er infolge einer Stromunterbrechung in seine äußerste Lage zurückgefallen; in Fig. 71 ist der Anker, welcher infolge einer Stromunterbrechung abfallen wollte, als bereits durch den Anker eines anderen Schleifenelektromagneten eine Meldung übermittelt wurde, gehalten worden. Die sämtlichen Elektromagnete a liegen nebeneinander; die Achse A ist für alle Hebel d gemeinsam. Durch Abfall des Ankers b infolge der ersten Stromunterbrechung beim Ablauf eines Melders wird der auf der Achse A befestigte Hebel d zurück-

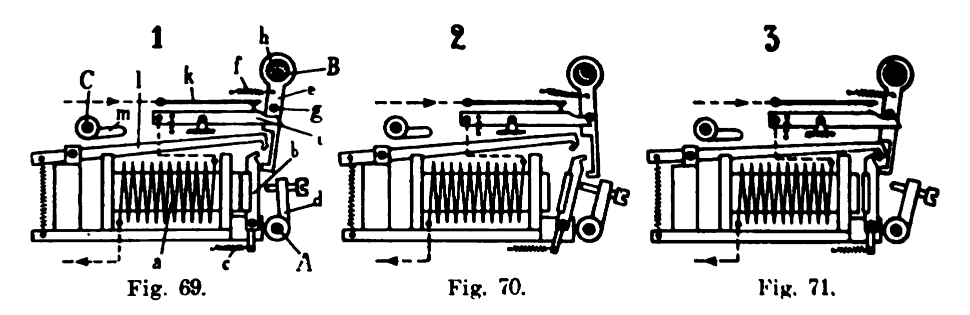


Fig. 69. Fig. 70. Fig. 71.

gedrückt; die Achse A (Fig. 68) dreht sich und gibt durch Anheben des Hebels q den Arretierhebel p der Achse D frei, welche unter Einwirkung des Gewichtes n in Umdrehung versetzt wird.

Bei der gleichzeitig erfolgenden Drehung der Exzenterscheibe o wird jedoch der Hebel q wieder heruntergedrückt, so daß infolge des Anschlags des Arretierhebels p an die Nase des Hebels q die Achse D nur jedesmal eine ganze Umdrehung machen kann. Der beim Zurückdrücken des Hebels q durch den Hebel d wieder gehobene Anker b (Fig. 69) wird am Rückwärtsfallen durch den Hebel l gehindert, welcher seinerseits von dem Daumen m infolge der Drehung der Achse C durch die Exzenterscheibe z (Fig. 68) nach unten bewegt wurde. Bei dem nächsten Stromschluß fällt der Hebel l infolge Anzugs des Ankers b wieder zurück. Die dann folgende Stromunterbrechung bewirkt durch erneuten Abfall des Ankers b eine zweite Umdrehung der Schaltwalze W. Die beschriebenen Vorgänge wiederholen sich daher so oft, als von der Typenscheibe eines Melders Stromunterbrechungen und Stromschlüsse hervorgerufen werden.

Die Übertragung der Meldung in die einzelnen Melderschleifen darf für diejenige Schleife nicht stattfinden, aus welcher die betreffende Meldung erfolgt. Es ist daher notwendig, die Stromschlußfedern F dieser Schleife kurzzuschließen; dies geschieht durch die Nebenschlußfedern k und i folgendermaßen:

Infolge der Drehung der Scheibe *o* wird der Hebel *r* (Fig. 68) nach rechts gedrückt; hierdurch wird der Hebel *x* frei und die Achse *B* macht unter Einwirkung des Gewichts *w* eine halbe Umdrehung bis zum Anschlag des Hebels *y* an den Hebel *r*. Gleichzeitig gibt die Exzenterscheibe *v* den Anker *u* frei, so daß der Hebel *r* unter Einwirkung des Gewichts *s* langsam in seine Ruhelage zurückkehren kann. Der mit der Achse *B* durch die Exzenterscheibe *h* (Fig. 70) in Verbindung stehende Hebel *e* wird durch den Abfall des Ankers *b* nach rechts geführt, weil die Rückzugfeder *c* stärker gespannt ist, wie die Feder *f*. Da der Hebel jedoch bei Drehung der Achse *B* infolge der Exzenterbewegung von *h* auch nach unten gedrückt wird, hält ihn der Stift *g* vor der Feder *i* fest, so daß der Kontakt zwischen *k* und *i* während der Dauer der Meldung nicht unterbrochen wird. Da nämlich der Hebel *r*, welcher bei jeder Umdrehung der Walze *W* durch die Scheibe *o* zurückgedrückt wird, erst bei dem nach Beendigung einer Meldung eintretenden Dauerstrom bis in seine Ruhelage zurückgehen kann, werden auch der Hebel *y* und die von ihm abhängige Achse *B* sowie die Hebel *e* nicht eher freigegeben. Im Gegensatz hierzu bleiben die Nebenschlußfedern *k* und *i* der anderen Schleifen während der Dauer der Meldung geöffnet, weil die anderen Stifte *g* die entsprechenden Federn *i* bei Drehung der Achse *B* nach unten drücken können (Fig. 71). Gleichzeitig führen die Hebel *e* auch die Hebel *l* abwärts und halten sie in dieser Stellung fest, damit die infolge der Stromunterbrechungen bei der Übertragung der Meldung zum Abfall kommenden Anker *b* der anderen Schleifen aufgehalten werden, so daß sie keine Wirkung auf ihre zugehörigen Hebel *d* ausüben können.

Tritt im Ruhezustand der Anlage in irgend einer Schleife ein Leitungsbruch ein, so erfolgt nur eine einmalige Umdrehung der Walze *W*. Der betreffende Anker *b* wird wieder gehoben und durch den Hebel *l* dauernd festgehalten, während der Apparat nach dieser selbsttätig erfolgten Abschaltung der fehlerhaften Schleife in seine Ruhelage zurückkehrt.

Nach Behebung des Leitungsbruches geht der Anker *b* unter Freigabe des Hebels *l* wieder in seine Anzugsstellung zurück.

Ein Leitungsbruch wird also auf sämtlichen Empfangsstationen durch einen Glockenschlag, bzw. auch durch das Vorspringen der Nummer 1 am Indikator angezeigt, ein Umstand, welcher besonders nachts nicht angenehm empfunden werden dürfte.

Der Indikator[1]) der Gamewell Co. besteht aus einem Laufwerk mit Federantrieb, welches auf einen Arretierhebel wirkt, der jedesmal beim Abfall des Ankers eines im Schleifenstromkreis liegenden Elektromagneten freigegeben wird und dann e i n e Umdrehung ausführen kann. Dieser Arretierhebel stößt bei jeder Umdrehung einen Schalthebel hoch, welcher seinerseits, je nach seiner Stellung, auf eine der 3 Anschlagfedern der mit Echappementeinrichtung versehenen 3 Ziffernwalzen einwirkt. Bei Beginn der Meldung steht der Schalthebel unter der Anschlagfeder der Hunderterwalze und hebt die Feder bei jeder Stromunterbrechung, wodurch diese Ziffernwalze sich jedesmal um ein Ziffernfeld dreht. Während der ersten längeren Pause auf der Typenscheibe wird der Schalthebel durch ein Zeitschaltwerk mit verzögerter Hebelbewegung unter die Anschlagfeder der Zehnerwalze und entsprechend während der dritten Pause unter die der Einerwalze geführt. Während

1) U.S.A.-Patent 520234.

der langen Pause nach der vollständig eingestellten Zahl wird der Indikator, infolge der Arretierung des Magnetankers durch das Zeitschaltwerk, zum Stillstand gebracht, so daß die Wiederholungen der Meldernummer auf ihn keine Wirkung ausüben können. Die Rückstellung der Ziffernwalzen geschieht von Hand durch Zug an einem Griff.

Als Registrierapparat dient der in Fig. 52 wiedergegebene Lochapparat mit Zeitstempeleinrichtung.

Die Zentralstation einer nach dem Gamewell-System ausgeführten Anlage zeigt Tafel VIII.

4. Ausführung des Einschlagglockensystems von Siemens & Halske.

Siemens & Halske haben bei ihrem Übertrager, sowie bei den Nummernapparaten und Weckern von vornherein die Verwendung von Laufwerken, welche ein Aufziehen nötig machen, vermieden, weil die Notwendigkeit des



Fig. 72.

Aufziehens doch hin und wieder zu Mißhelligkeiten Veranlassung geben kann. Die elektrische Betätigung dieser Apparate erfordert zwar größere Stromstärken, dieser Umstand fällt jedoch bei der heut üblichen Benutzung von Akkumulatoren nicht ins Gewicht. Kontaktverbrennungen sind infolge der angewendeten Funkenlöscheinrichtungen vermieden.

Der Übertrager von SIEMENS & HALSKE kann, wie Fig. 72 zeigt, unmittelbar an der Rückwand des Zentraltisches [1]) angebracht werden. Die Wirkungsweise dieses Apparates ist aus dem Schema Fig. 73 ersichtlich. [2]) Für jede Melderschleife ist ein Linien-Elektromagnet vorgesehen, dessen Anker *b* Stromunterbrechungen und Stromschlüsse mittels der Kontaktfeder *U* auf einen allen Schleifen gemeinsamen Elektromagneten *S* überträgt. Der Anker *N* dieses Elektromagneten steht mit den Stromschlußfedern *F* der einzelnen Schleifen derart in Verbindung, daß jeder Anzug des Ankers eine Stromunterbrechung, jeder Abfall einen Stromschluß in den Melderschleifen bewirkt. so daß mittels des Elektromagneten *S* die Übertragung einer Meldung auf die in die Melderschleifen eingeschalteten Empfangsapparate *E* erfolgt. Damit bei Übertragung einer vom Melder M_2 ausgehenden Meldung der

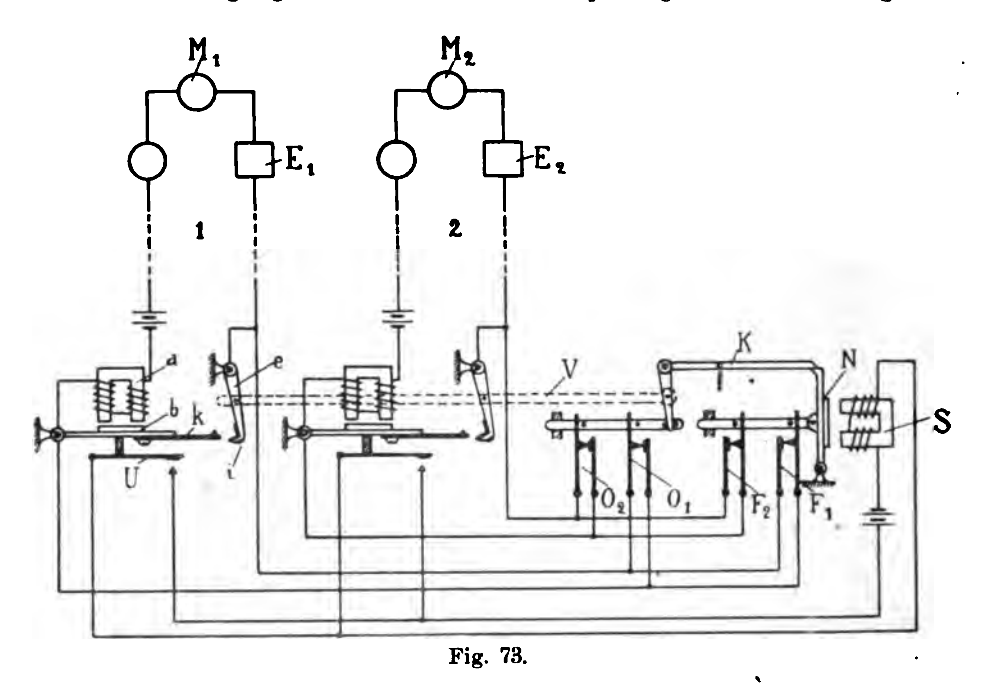


Fig. 73.

Anker *b* des Schleifenelektromagneten *a* der anderen Schleife *1* nicht durch seinen Abfall den Elektromagneten *S* beeinflussen kann, wird er durch den auf der Innenfläche isolierten Haken *i* eines Hebels *e* festgehalten, welcher infolge Abfalls einer Klappe *K* beim ersten Anzug des Ankers *N* unter eine an dem Anker *b* befestigte Feder *k* geführt wird. Die Arretierung des Ankers *b* muß, wie leicht ersichtlich, geschehen sein, bevor die durch Öffnung der Stromschlußfedern F_1 hervorgerufene Kontaktunterbrechung in der Schleife 1 wirksam werden kann. Es sind deshalb zu den Stromschlußfedern F_1 noch zwei Nebenschlußfedern *O* parallel geschaltet, welche beim Abfall der Klappe *K* erst dann geöffnet werden, wenn die Arretierung des Ankers *b* bereits erfolgt ist. Um ferner eine Einwirkung der Stromschlußfedern *F* auf diejenige Linie zu verhindern, aus welcher die Meldung selbst erfolgt, bewirkt der Hebel *e* dieser Linie, welcher beim ersten Abfall des aktiven

1) Zentralstation für 12 Schleifen, ausgeführt für Bremen und Wien.
2) D.R.P. 167452.

Ankers b über dessen Feder k stehen bleibt, eine Überbrückung der Stromschlußfedern f_2 durch den Kontaktschluß zwischen k und e. Diese leitende Verbindung bleibt während der Dauer der Meldung bestehen; die Feder k muß infolgedessen derartig ausgebildet sein, daß sie sich entsprechend weit durchbiegen kann, um den Anker b den vollen Anzug zu gestatten.

Die Übertragung der Meldung auf die Apparate der Zentralstation geschieht ebenfalls durch den Anker N, jedoch mittels anderer Federpaare, welche in Fig. 73 fortgelassen sind. Die Zurückstellung der Klappe K erfolgt nach Beendigung einer Meldung durch einen kräftigen Hubmagneten. Beim Eintritt eines Leitungsbruches findet eine Beunruhigung der Wachen durch einen Glockenschlag nicht statt, nur der Aufsichtsbeamte der Zentralstation erhält ein Weckersignal.

Die für dieses System benutzten Melderlaufwerke besitzen, wie auf Seite 257 beschrieben wurde, einen Haltemagneten, welcher nur bei einer bestimmten Stromstärke die Auslösung der Werke bewirken kann (Fig. 31). Um daher beim Eingang einer Meldung in allen Schleifen das gleichzeitige Ablaufen anderer Melderwerke zu verhindern, wird sofort bei dem ersten Abfall des Ankers eines Linienelektromagneten in jede Schleife durch den sogenannten Kurbelschalter [1]) je eine Widerstandsspule eingeschaltet, wodurch die Linienstromstärke in jeder Linie etwa auf die Hälfte reduziert wird. Nach Beendigung der ersten Meldung schließt der Kurbelschalter diese Widerstände hintereinander in geringen Zeitintervallen wieder kurz. Infolgedessen kommt ein anderer, während der ersten Meldung in derselben oder in irgend einer anderen Schleife benutzter Melder in dem Augenblick zur Auslösung, in welchem der Kurbelschalter den Widerstand aus der betreffenden Schleife ausschaltet. Es werden dann sofort die bereits kurzgeschlossenen Widerstände der anderen Schleifen wieder eingeschaltet, so daß diese zweite Meldung ungestört erfolgen kann. Nach Beendigung derselben wiederholen sich die beschriebenen Vorgänge so lange, bis nach Ablauf sämtlicher inzwischen benutzter Melder der Ruhezustand der Anlage wieder eingetreten ist.

Ein besonderer Vorzug des Einschlagglockensystems von Siemens & Halske besteht darin, daß sowohl ein Anruf der Zentralstation und der Nebenwachen für Telephongespräche, als auch ein Telegraphieren auf den Linien und die Melderrevisionen unter Wegfall jeglicher Umschaltung stattfinden können, ohne daß eine Beeinflussung der Alarmapparate, d. h. der Einschlagwecker und der Indikatoren, stattfindet. Dies wird auf einfache Weise dadurch erreicht, daß bei Abgabe von Feuermeldungen Stromunterbrechungen, beim Telegraphieren oder bei Melderrevisionen und Anrufen jedoch nur Stromschwankungen in der Schleife stattfinden. [2])

Als Empfangsapparat für die Anrufe dient der auch die Feuermeldungen aufnehmende Registrierapparat, für welchen daher, sobald ein telegraphischer Verkehr möglich sein soll, anstelle eines Lochapparates ein Farbschreiber Verwendung finden muß (Fig. 72). Die im Übertrager befindlichen Schleifenelektromagnete sind derartig eingestellt, daß sie nur bei Stromunterbrechungen, also nur bei Feuermeldungen, ansprechen, während alle übrigen Meldungen durch andere Relais, welche bereits bei Stromschwankungen in Tätigkeit treten, auf den Registrierapparat übertragen werden.

1) D.R.P. 168815.
2) D.R.P. 175487.

Die Stromschwankungen werden dadurch erzielt, daß durch Öffnen der Meldertüren entsprechende Widerstände parallel zu den Anruftasten und den Typenscheiben eingeschaltet werden. Es ist ersichtlich, daß eine Feuermeldung, welche stets bei geschlossener Tür abgegeben wird, durch Telegraphieren oder durch Melderrevisionen nicht aufgehalten oder gestört werden kann, da infolge der bei einer Feuermeldung eintretenden Stromunterbrechungen der Übertrager in Wirksamkeit tritt, welcher die anderen Meldungen sofort abschneidet.

Als weiterer Vorteil des Systems von Siemens & Halske ist hervorzuheben, daß bei seiner Ausbildung gleich von vornherein eine Sicherheitsschaltung gegen Leitungsbruch vorgesehen wurde. Die Gamewell Co., welche früher ihre Anlagen nicht mit Erdschaltungen ausführte, sah sich daher gezwungen, wegen der in Deutschland herrschenden Vorliebe für Sicherheitsschaltungen, ihr System entsprechend zu ändern. Es ist selbstverständlich, daß derartige Änderungen eines fertigen Systems ungemein schwierig sind.

Bei der Sicherheitsschaltung von Siemens & Halske [1]) wird, ähnlich wie in Fig. 31 angegeben, für eine unterbrochene Schleife eine Hilfsbatterie und ein Hilfsrelais durch Umlegung eines Hebels am Leitungsbruchschalter [2]) eingeschaltet, so daß die Übermittelung der Meldungen über Erde erfolgen kann. Im übrigen findet die Übertragung einer Meldung auf die Empfangsapparate in der gewöhnlichen Weise statt; die Haltevorrichtung in den Meldern bleibt ebenfalls in Wirksamkeit. Damit die Melder einer unterbrochenen Schleife auch bei einem Drahtbruch mit gleichzeitigem Erdschluß betriebsfähig bleiben, ist noch ein zweites Hilfsrelais vorgesehen. Diese beiden, nur bei einem Leitungsbruch in Betracht kommenden Relais genügen für mehrere gleichzeitig unterbrochene Schleifen.

Eine weitere Vervollkommnung des Einschlagglockensystems wurde durch Anwendung der auf Seite 279 beschriebenen Lichttableaus erreicht. An die Stelle des Nummernapparates tritt hierbei ein Drehschalter,[3]) welcher zur automatischen Einstellung der einzelnen Lampengruppen dient. Das Lichttableau in der Wagenhalle kann ferner derartig ausgebildet werden, daß unmittelbar der Name des Standorts eines benutzten Melders in Schriftzeichen erscheint, indem für jeden Melder ein besonderes Feld in diesem Tableau vorgesehen wird (Schriftzeichentableau).[4])

Für die in Fig. 74 abgebildete Empfangsstation für 8 Schleifen der Feuermeldeanlage Wilmersdorf-Berlin wurde zum ersten Male ein vollständig automatischer Betrieb durchgeführt. Bei dieser Anlage ist nach Beendigung einer Feuermeldung jegliche Bedienung, selbst die beim Gamewell-System nötige Abstellung des Indikators, in Fortfall gekommen, da die Zurückstellung des Generalschalters, welcher gleichzeitig die Abstellung des Übertragers, des Kurbelschalters und der Lichttableaus bewirkt, nach einer bestimmten Zeit selbsttätig erfolgt. Dieser Zeitraum kann für die Tages- oder Nachtstunden entsprechend der Schnelligkeit des Ausrückens verschieden gewählt werden.

1) D.R.P. 167133.
2) Siehe Fig. 72 links oben und Fig. 74 links in der Mitte.
3) D.R.P. 167293.
4) Ausgeführt für die Feuermeldeanlage in Hamburg. D.R.P. a.

Ferner wurde bei dieser Anlage eine Einrichtung in Anwendung gebracht, welche das Bedienungspersonal im Bedarfsfalle durch Aufleuchten transparenter Schrift an einem sogenannten Störungstableau, wie z. B. „Registrierapparat aufziehen!“ oder „Leitungsbruchschalter umlegen!“ auf die Art des auszuführenden Handgriffes hinweist. Dieses Störungstableau [1])



Fig. 74.

ist in Fig. 74 unter dem Übertrager sichtbar; in dem oberen Rahmen der Schalttafel befindet sich das Kontrollichttableau.

Der rechts auf der Tafel angebrachte Apparat dient zur Abgabe bestimmter Nummern, welche als verabredete Signale gelten, wie z. B. Nr. 22 — Probealarm, Nr. 33 — Telephonmeldung, Nr. 44 — Samariteralarm, Nr. 55 — Großfeuer u. s. f.

1) D.R.P. a.

VIII. Kombinierte Feuermelde- und Wächterkontrollanlagen.

Für ausgedehnte Fabriketablissements mit eigener Feuerwehr und für öffentliche Gebäude, Theater, Warenhäuser, in denen eine kleine ständige Feuerwache untergebracht ist, werden die Wächterrundgänge meist von den Feuerwehrleuten selbst ausgeführt; es ergibt sich hierbei vielfach die Notwendigkeit, neben der Feuermeldeanlage auch eine Wächterkontrollanlage einzurichten.

Es empfiehlt sich in solchen Fällen, hauptsächlich der verringerten Kosten wegen, beide Anlagen derartig zu vereinigen, daß die einzelnen Feuermelder

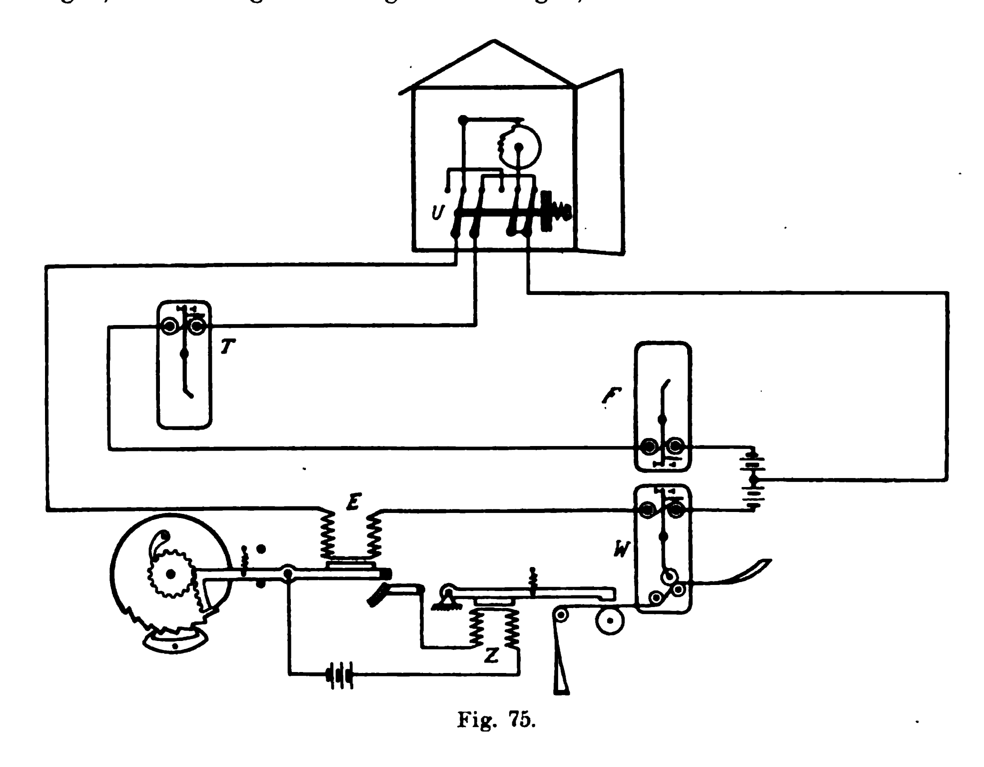


Fig. 75.

auch als Wächterkontrollmelder benutzt werden können. Bei den verschiedenen Ausführungen von SIEMENS & HALSKE ist diese Bedingung am einfachsten dadurch gelöst, daß die Kontakteinrichtung des Feuermelders mittels eines Umschalters *U* beim Öffnen der Meldertür aus der Feuermelderlinie aus- und in die Wächterkontrollinie eingeschaltet wird, so daß der Melder in beiden Fällen zwar dasselbe Signal, jedoch auf verschiedene Empfangsapparate abgibt.[1]) Zur Verminderung des Leitungsmaterials kann hierbei die Rückleitung für beide Stromkreise gemeinschaftlich benutzt werden (Fig. 75).

Wird beispielsweise in einer Theateranlage ein Melder bei geschlossener Tür nach Einschlagen der Glasscheibe für eine Feuermeldung benutzt, so läuft das Zeichen dieses Melders auf je einem Morseapparat im Theater-

1) Ausgeführt im neuen Stadttheater zu Cöln.

wachlokal T und in der städtischen Feuerwache F unter Ertönen der Alarmwecker ein. Da durch das Zeichen die örtliche Lage des Melders genau bekannt ist, wird der anrückenden Feuerwehr das zeitraubende Aufsuchen der Brandstelle erspart. Der Wächter öffnet bei seinen Kontrollmeldungen jedesmal die Tür des Melders, bevor er das Laufwerk zur Auslösung bringt. Das Melderzeichen läuft dann nur in der städtischen Feuerwache ohne Weckersignal auf einem anderen mit Zeitstempeleinrichtung und selbsttätigem Papieraufwickler versehenen Morseapparat W ein.

Die einmalige kurze Einschaltung des Druckmagneten Z im Zeitstempelapparat erfolgt mittels eines selbsttätigen Schaltapparates, welcher aus einem in der Melderlinie liegenden Elektromagnetsystem E mit verzögertem Ankeranzug besteht. Bei der ersten Stromunterbrechung fällt der Anker ab und schließt den Kontakt für den Druckmagneten im Vorbeigleiten an einer Schleiffeder. Bei den nun folgenden kurzen Stromstößen des Melderzeichens

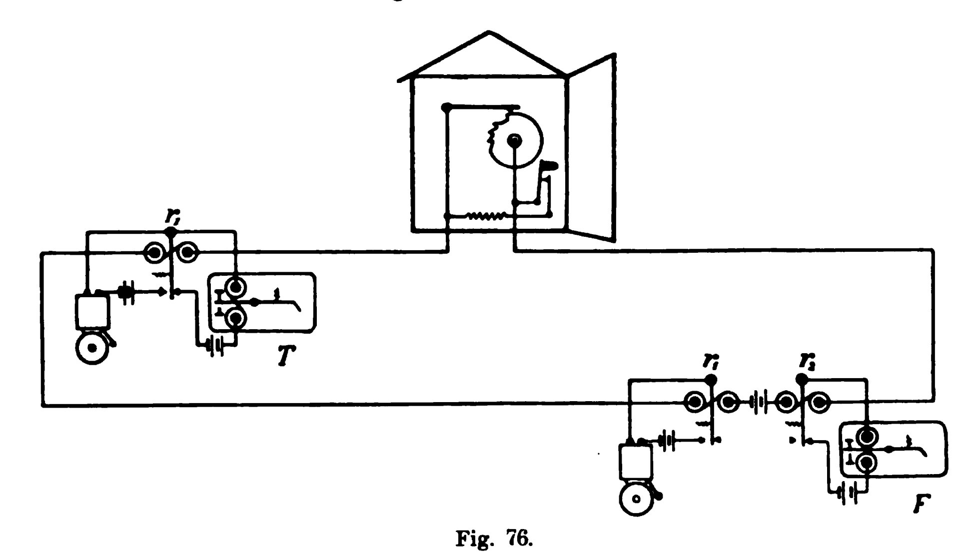


Fig. 76.

kommt der Anker infolge seiner verzögerten Bewegung nicht wieder mit der Schleiffeder in Berührung und geht erst bei dauerndem Stromschluß in die Ruhelage zurück. Die Schleiffeder ist so ausgebildet, daß ihre Berührung mit dem Anker bei seinem Rückgang auf ihrer isolierten Rückseite stattfindet, wodurch ein zweiter Kontaktschluß vermieden wird.[1])

Bei den übrigen Ausführungen von Siemens & Halske ist die Anwendung nur eines für beide Zwecke gemeinsamen Empfangsapparates vorgesehen. Zur Unterscheidung der Wächterkontrollmeldungen von einer Feuermeldung dient hauptsächlich der Fortfall des Alarmes. Hierfür sind zwei verschiedene Wege, nämlich das Arbeiten mit Stromschwankungen oder mit Zeitunterschieden, möglich. Zur Erzielung von Stromschwankungen wird beim Öffnen der Meldertür ein Widerstand parallel zur Kontakteinrichtung eingeschaltet, welcher jedesmal den Linienstrom um die Hälfte schwächt, sobald die Stromfeder in die Unterbrechungen der Typenscheibe einfällt (Fig. 76).[2]) Auf der Feuerwache F sind zwei Relais vorgesehen, von denen

1) D.R.P. 161139.
2) D.R.P. 175487.

das eine, r_2, die Übertragung der Zeichen auf den Morseapparat bewirkt und daher bereits bei Stromschwächung in Wirksamkeit treten muß, während der Anker des zweiten Relais r_1 nur bei Stromunterbrechung, also bei einer Feuermeldung, zum Abfall kommt und die Einschaltung des Alarmweckers vermittelt.[1])

Damit der Morseapparat der Theaterwache T nur Feuermeldungen empfangen kann, erfolgt seine Einschaltung ebenfalls durch ein Relais r_1, welches nur auf Stromunterbrechungen anspricht.

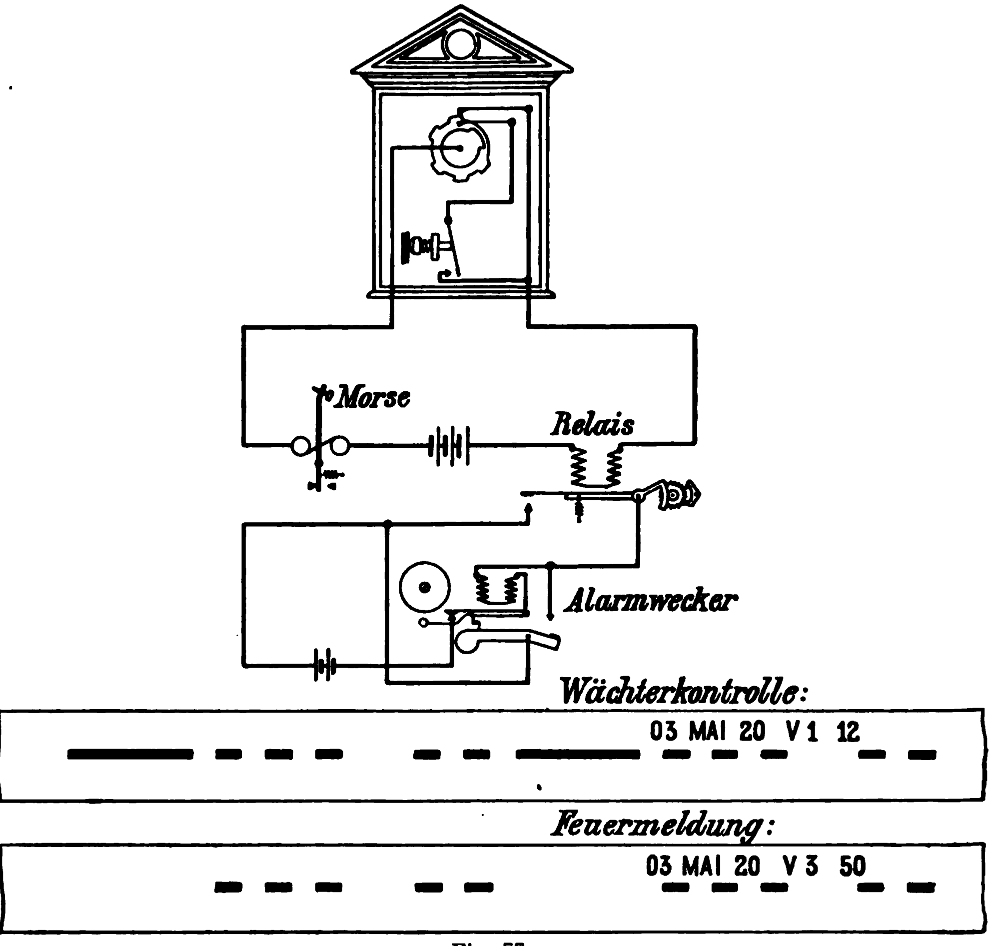


Fig. 77.

Für die Benutzung von Zeitunterschieden zur Einschaltung des Alarmes bei Feuermeldungen ist ein ähnliches Elektromagnetsystem, wie für den Druckmagneten des Zeitstempels, jedoch mit verzögertem Ankerabfall vorgesehen (Fig. 77);[2]) die längere Stromunterbrechung vor dem ersten Zeichen ermöglicht dem Anker den vollständigen Abfall bis zum Kontaktschluß für die Alarmwecker, während die einzelnen kurzen Stromunterbrechungen des Melderzeichens für ihn wirkungslos bleiben. Für die Wächterkontroll-

1) Ausgeführt im alten Stadttheater zu Cöln und im Stadttheater zu Barmen.

2) D.R.P. 161139.

meldungen werden die langen Pausen vor dem ersten und zwischen den einzelnen Zeichen durch eine zweite Kontaktscheibe überbrückt, welche beim Öffnen der Tür zur eigentlichen Typenscheibe parallel geschaltet wird. Der dadurch vor dem Melderzeichen entstehende Strich macht nicht nur die Einschaltung des Alarmes unmöglich, sondern bewirkt auch auf dem Papierstreifen die deutliche Unterscheidung zwischen Feuermeldung und Wächterkontrolle.[1])

Auf ähnliche Weise kann allein durch die Anzahl der einlaufenden Melderzeichen — unter Fortlassung des Striches — die Unterscheidung beider Meldungen bewirkt werden, indem die zweite Kontaktscheibe bei einer Wächterkontrolle nach erfolgter zweimaliger Abgabe der Meldernummer die weitere viermalige Wiederholung der Zeichen verhindert. Bei einer Feuermeldung erfolgt die Einschaltung des Alarms während der doppelt langen



Fig. 78.

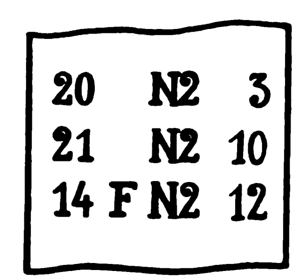


Fig. 79.

Pause (Stromunterbrechung), welche nach der ersten Wiederholung des Zeichens eintritt und bis zur folgenden Wiederholung dauert.

Diese letzte Einrichtung bietet neben der Papierersparnis noch die Möglichkeit, die Abgabe der Wächterkontrollmeldungen ohne Öffnen der Meldertür, durch einen geeigneten Schlüssel von außen zu bewirken (Fig. 78), indem die Feder des Melderlaufwerks, welche bereits für eine sechsmalige Zeichenabgabe bei Feuermeldungen aufgezogen ist, durch eine halbe Umdrehung des Wächterkontrollschlüssels um so viel weiter vorgespannt wird, als zur Abgabe von zwei Wächterkontrollzeichen erforderlich ist.[2]) Die Benutzung eines Schlüssels ist besonders dann von Vorteil, wenn eine solche Anlage in kleineren Städten nicht nur als öffentliche Feuermeldeanlage sondern auch gleichzeitig zur Kontrolle der Polizeibeamten und Nachtwächter dienen soll.

Wird anstelle des Morseapparates ein mit verzögerter Ankerbewegung ausgerüstetes Schaltwerk benutzt, welches eine auf dem Rande mit allen Meldernummern versehene Scheibe entsprechend den von den Meldern gegebenen Stromstößen dreht, so kann neben dem durch einen Zeitstempel bewirkten Zeitaufdruck gleichzeitig auch der Aufdruck der Meldernummer auf dem Kontrollstreifen erfolgen (Fig. 79). Nach erfolgten Aufdruck springt die Nummernscheibe wieder selbsttätig in die Ruhelage zurück, während der

1) Ausgeführt im Stadttheater zu Dortmund.

2) D.R.P. 173375. Ausgeführt in den Stadttheatern zu Nürnberg und Rio de Janeiro und in den Werken der Drahtindustrie Hamm u. a. m.

Papierstreifen zur Aufnahme der nächsten Meldung um ein Stück weiter transportiert wird. Bei einer derartigen, der Firma SIEMENS & HALSKE geschützten Ausführung,[1]) bei welcher das Schaltwerk und der Zeitstempel gemeinschaftlich in einem kleinen Gehäuse untergebracht sind, wird eine Feuermeldung außer durch die Einschaltung des Alarms noch durch ein neben die Meldernummer gedrucktes „F" kenntlich gemacht, wie aus Fig. 79 ersichtlich ist.

IX. Kombinierte Feuer- und Unfallmeldeanlagen.

Wie bereits in dem Abschnitt über die Benutzung des Fernsprechers in der Feuertelegraphie erwähnt wurde, läßt sich durch Einbau stationärer Telephonstationen in die Feuermelder die Feuermelderschleife gleichzeitig für die telephonische Übermittelung von Unfallmeldungen benutzen. Wenn die Kostenfrage eine große Rolle spielt, sieht man von stationären Telephonen ab und verteilt nur an Polizeibeamte und Nachtwächter tragbare Fernsprechapparate. Sollen diesen Personen jedoch die Feuermelder selbst nicht zugänglich gemacht werden, so können kleine an Häusern oder Masten befestigte Kästen, welche hinter der verschließbaren Tür nur eine Telephoneinschalteklinke und einen Blitzableiter enthalten, in beliebiger Anzahl und an beliebigen Stellen in die Feuermeldelinien eingeschaltet werden. Ebenso ist es angängig in diesen Kästen zur Vermeidung tragbarer Apparate vollständige Telephonstationen unterzubringen. Bei größeren Anlagen empfiehlt es sich nicht, die Feuermelderschleifen durch die Einbringung von Telephonen zu belasten. sondern die Fernsprecheinrichtungen werden der häufigen Benutzung wegen in mit eigenen Batterien und Kontrolleinrichtungen versehene Schleifen geschaltet, ein Fall, welcher bei Verwendung von Kabelleitungen mit Rücksicht auf die nur unwesentlichen Mehrkosten stets Beachtung finden sollte.



Fig. 80.

Die Verwendung der Telephone, deren Bedienung immerhin noch einige Anforderungen an die Intelligenz der meldenden Person stellt, wird vielfach auch für Unfallmeldungen als unzulässig erachtet. In diesen Fällen werden die Unfallmelder wie die Feuermelder ausgebildet, also mit Laufwerken ausgerüstet, welche nur ein bestimmtes Signal nach der Zentralstelle geben. Die Unfallmelder mit den Feuermeldern in demselben Gehäuse, jedoch mit getrennten Auslösevorrichtungen, unterzubringen hat sich nicht bewährt. Häufig werden bei einer Meldung die Apparate in der Aufregung verwechselt, oder sogar beide zur Auslösung gebracht. Es werden daher für die Lauf-

1) D.R.P. 173156.

werke der Unfallmelder Gehäuse benutzt, welche sowohl durch die Form als auch durch den Anstrich auffällig von denjenigen der Feuermelder abweichen; oft wird auch eine andere Auslösevorrichtung gewählt. Die Abbildung Fig. 80 zeigt einen derartigen Unfallmelder in kleinem rundem Gehäuse. [1]) Werden die Unfallmelder direkt in die Feuermeldeschleifen geschaltet, so können ihre Zeichen zur sofortigen deutlichen Unterscheidung von den Feuermeldersignalen vorteilhaft ein Vorzeichen in Gestalt eines Striches erhalten. Unter Benutzung ähnlicher Prinzipien, wie für die vorbeschriebenen kombinierten Feuermelde- und Wächterkontrollanlagen, werden auf der Zentralstation für beide Arten von Meldungen getrennte Empfangsapparate und Alarmwecker benutzt. Ferner können für nicht zusammenliegende Feuer- und Sanitätswachen die Einrichtungen derartig getroffen werden, daß auf den Empfangsapparaten der Sanitätswachen nur die Unfallmeldungen einlaufen.

X. Nebenmelderanlagen.

A. Druckknopfnebenmelder.

Die verschärften Sicherheitsmaßregeln in bezug auf Feuerschutzeinrichtungen, welche für Theater, Warenhäuser, Fabriketablissements usw. seitens der Feuerwehrbehörden und der Baupolizei vorgeschrieben werden, führen dazu, daß in derartigen Gebäuden die Anbringung einer größeren Anzahl Privat-Feuermelder nötig wird. Die Verwendung von mehreren Privatmeldern mit eigenen Laufwerken für diese Zwecke und deren Einschaltung in die Schleifen der öffentlichen Melder würde jedoch zu einer zu starken Belastung dieser Melderschleifen führen. Man ist daher gezwungen dort einen Ersatz zu schaffen, wo es, z. B. wegen der Kosten, nicht möglich ist, für ein solches Gebäude eine selbständige, nach der Feuerwache führende Melderschleife mit eigener Empfangseinrichtung vorzusehen.



Fig. 81.

Dieser Ersatz ergibt sich durch die Möglichkeit in das Laufwerk des Melders ein Elektromagnetsystem einzubauen und so durch einfache Zug- oder Druckkontakte, Nebenmelder genannt (Fig. 81), die Auslösung dieses Laufwerkes von beliebig entfernten Stellen auf elektrischem Wege zu bewirken. Es ist gleichzeitig durch die Anwendung nur eines „Hauptmelders“ der Vorteil gegeben, eine große Anzahl der billigeren Nebenmelder in dem betreffenden Gebäude verteilen zu können, wodurch eine Feuermeldung bedeutend schneller abgegeben werden kann, als es bei Verwendung einer naturgemäß beschränkten Anzahl von Meldern mit Laufwerken möglich wäre.

Die Einwirkung der Nebenmelder auf das Elektromagnetsystem des Hauptmelders kann durch die auf der Feuerwache aufgestellte Batterie derjenigen Schleife, in welche dieser Hauptmelder eingeschaltet ist, oder durch eine in dem betreffenden Gebäude selbst untergebrachte Ortsbatterie erfolgen

1) Ausgeführt von Siemens & Halske für den Samariterverein in Kiel.

Bei der oft angewandten Auslösung mittels der Schleifenbatterie liegen die Nebenmelder unmittelbar in der Hauptmelderschleife und zwar derartig, daß die Nebenmelderleitung an die beiden Enden der Wickelung des Auslösemagneten geführt ist und somit einen Nebenschluß zu der Wickelung bildet, wie Fig. 82 zeigt. Sobald bei Benutzung eines Nebenmelders die Nebenschlußleitung unterbrochen wird, kann der Linienstrom vollständig über die Wickelung selbst fließen und durch Anzug des Ankers den Hauptmelder zum Ablauf bringen. Da die Elektromagnetwickelung nicht zu hohen Widerstand haben darf, um den Linienstrom nicht zu sehr zu schwächen, muß der Widerstand der Nebenmelderleitung möglichst klein sein; es muß daher Leitungsdraht von großem Querschnitt Verwendung finden. Die Elektromagnetwickelung selbst steht nicht unter Ruhestromkontrolle; eine Störung in der Nebenmelderleitung beeinflußt die ganze Linie. Ferner erfolgt bei einem Leitungsbruch durch Ablaufen des Hauptmelders eine Alarmierung der Feuerwehr, wodurch aber andererseits der Bruch nicht unbemerkt bleiben kann. Trotz dieser Nachteile ist die Schaltung dort sehr wertvoll, wo nur wenige Nebenmelder in geringer Entfernung vom Hauptmelder in Betracht kommen.

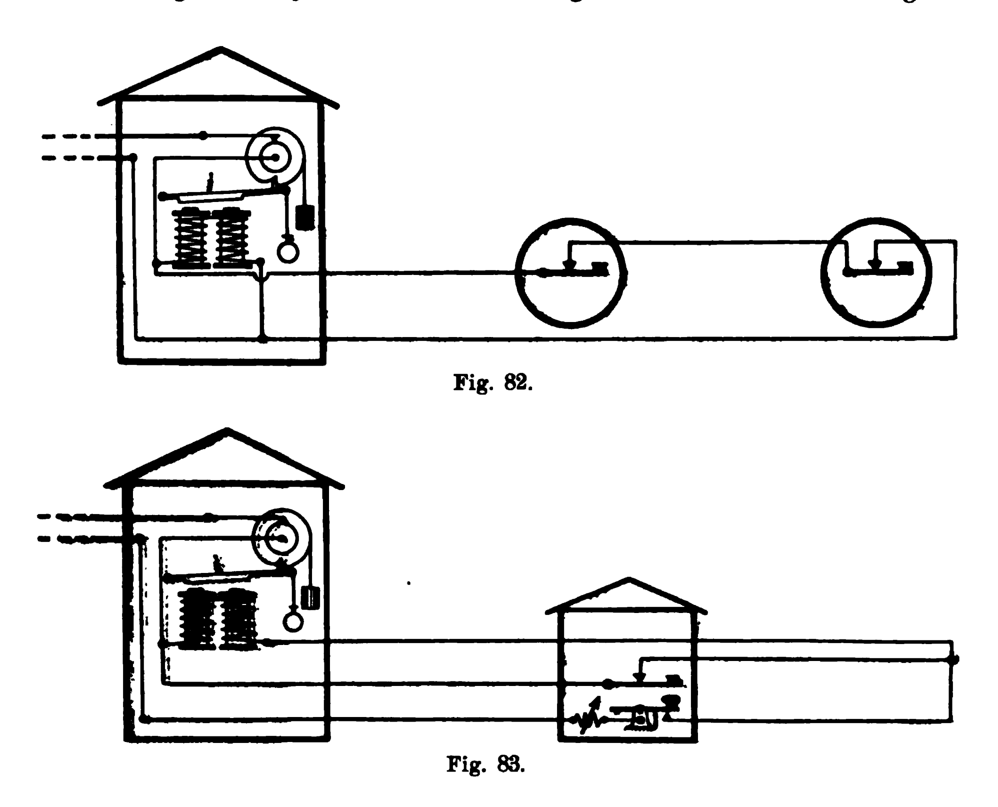


Fig. 82.

Fig. 83.

Durch Hinzufügung einer dritten Auslöseleitung, welche jedoch nicht unter Ruhestromkontrolle steht, können in die Nebenmelder noch Taster Einschalteklinken zum telegraphischen oder telephonischen Verkehr mit der Feuerwache eingesetzt werden, wie Fig. 83 zeigt.

Die Pearson Fire Alarm Limited in London hat unter Verwendung zweier Relais mit verschiedenen Wickelungen den Auslöseelektromagneten des Hauptmelders derartig geschaltet, daß bei Benutzung eines Nebenmelders

der Hauptmelder seine Zeichen sechsmal, bei Drahtbruch in der Nebenmelderleitung jedoch nur einmal abgibt; die ungewollte Alarmierung der Feuerwehr fällt also fort, während trotzdem der Eintritt des Drahtbruches auf der Zentralstation bekannt gegeben wird.[1])

Eine Schaltung zur Auslösung des Hauptmelders mittels einer auf der Feuerwache aufgestellten Arbeitsstrombatterie wurde der Firma Mix & Genest geschützt.[2]) Der Auslöseelektromagnet ist nur einseitig an die Schleifenleitung geschaltet; mit dem anderen Ende stehen die als Arbeitsstromkontakte ausgebildeten Nebenmelder in Verbindung (Fig. 84). Die Auslösebatterie liegt auf der Feuerwache in der Erdleitung zwischen je einer Hälfte der Linienbatterie und ist derartig bemessen, daß ihre Wirkung durch die Gegenwirkung der einen Hälfte der Linienbatterie nicht aufgehoben werden kann. Da weder die Auslösebatterie noch die Nebenmelderleitungen unter Kontrolle stehen, zeigt diese Schaltung alle Nachteile des Arbeitsstrom-

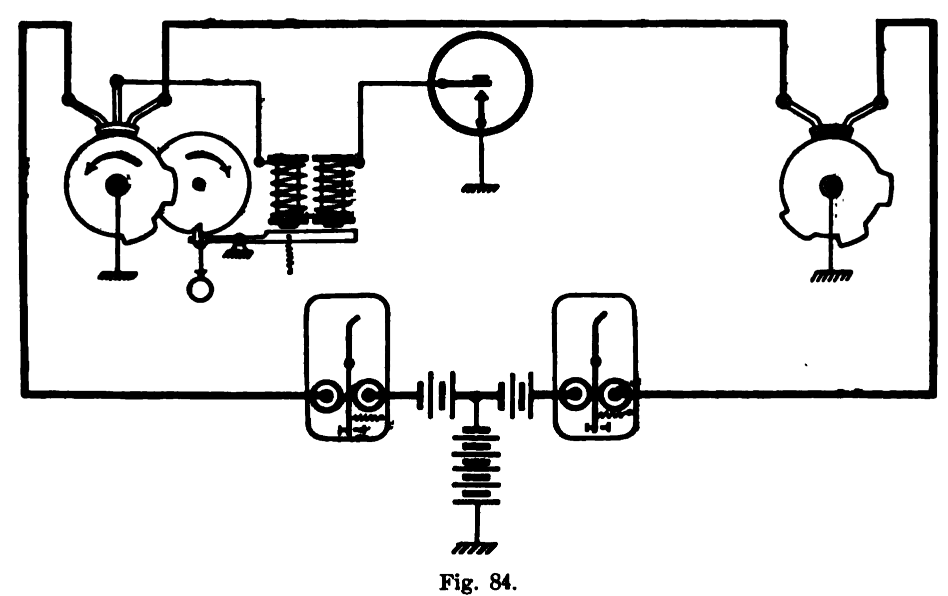


Fig. 84.

betriebes. Ein Leitungsbruch in einer Nebenmelderleitung bleibt unbemerkt. Die Auslösung des Hauptmelders durch einen Nebenmelder ist bei einem Drahtbruch in der Schleifenleitung noch möglich. Die Wickelung des Auslöseelektromagneten ist an eine Kontaktfeder geführt, die zusammen mit den Schleifenkontaktfedern des Melders auf dem breiten isolierten Zahn der Typenscheibe steht und die Nebenmelder nur in der Ruhelage der Scheibe an die Hauptlinie schaltet. Die Auslösung des Melders erfolgt mittels eines Echappements bei dem auf den Anzug folgenden Abfall des Ankers (also durch Drücken und Loslassen eines Nebenmelderknopfes), damit nicht bereits bei einem Erdschluß in einer Nebenmelderleitung eine unbeabsichtigte Auslösung stattfindet.

In neuerer Zeit hat die Verwendung von Ortsbatterien für die Nebenmelderanlagen mehr und mehr Eingang gefunden, weil die Schleifenleitung dadurch vollständig von der Nebenmelderanlage getrennt ist; ferner findet die

1) D.R.P. 158127.
2) D.R.P. 143752.

Auslösung des Hauptmelders auch bei Leitungsbruch in der Melderschleife statt, ein Umstand, welcher hauptsächlich dann beachtet werden muß, wenn die Hauptanlage mit Sicherheitsschaltung gegen Leitungsbruch ausgerüstet ist. Die Auslösung des Hauptmelders bei derartigen Anlagen durch Arbeitsstrom zu bewirken (Fig. 85), hat den Vorteil, daß der Anker des Elektromagneten unempfindlich eingestellt werden kann, weil im Augenblick der Kontaktgabe am Nebenmelder eine ausreichende Stromstärke durch eine entsprechend große Batterie erzielt werden kann. Der Hauptmelder ist daher nicht empfindlich gegen Erschütterungen; jedoch wiegt die Unsicherheit des Arbeitsstrombetriebes diesen Vorteil nicht auf. Selbst die von Siemens & Halske benutzte Sicherheitsschaltung für Arbeitsstromauslösung bleibt

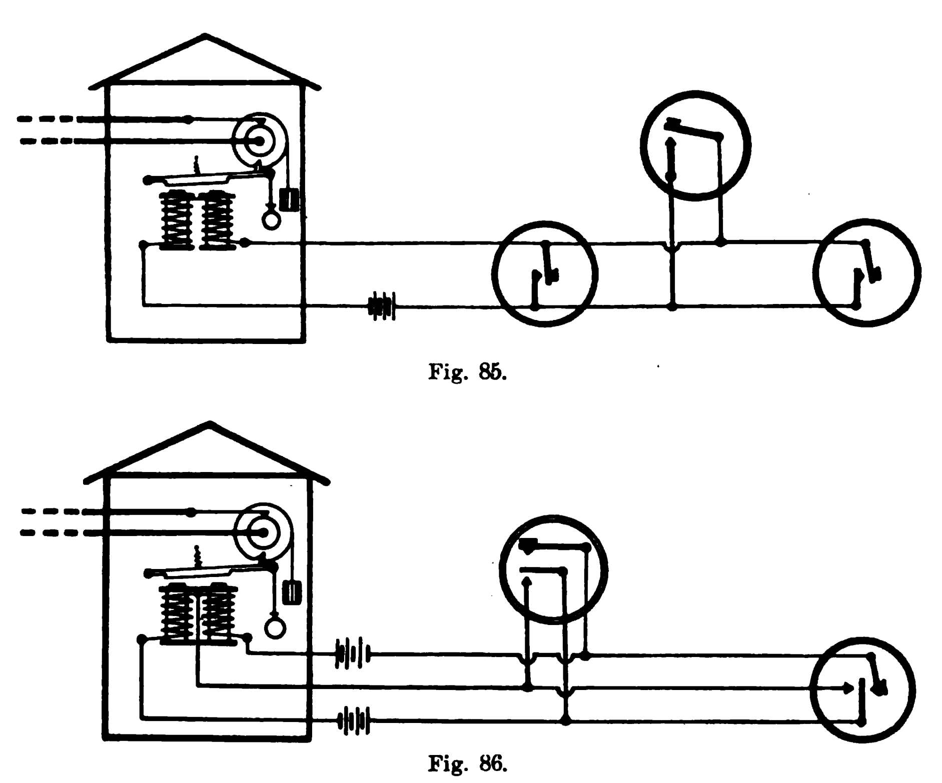


Fig. 85.

Fig. 86.

nur ein Notbehelf. Bei dieser Schaltung ist eine dritte Leitung, für welche eventuell die Erde benutzt werden kann, als Reserveleitung vorgesehen und an die Mitte der Wickelung des Auslösemagneten geführt (Fig. 86). Die Nebenmelder erhalten doppelte Kontakteinrichtungen, welche sowohl über die Leitung wie über die Reserveleitung bzw. Erde wirken, damit bei Leitungsbruch wenigstens noch die eine Wickelungshälfte Strom erhält.

Die Verwendung des Ruhestromes bietet viel größere Gewähr dafür, daß bei einer Meldung auch tatsächlich der Hauptmelder ausgelöst wird; vor allem kann ein Leitungsbruch niemals unbemerkt bleiben (Fig. 87). Um beim Ruhestrombetriebe den Nachteil zu beseitigen, daß der Abfall des Ankers, d. h. die Auslösung des Melders, durch Erschütterungen herbeigeführt werden kann, verwenden Siemens & Halske eine Schaltung, bei der die beiden Stromarten kombiniert sind (Fig. 88). Die Nebenmelderleitung wird

von einem schwachen Ruhestrom durchflossen, welcher nur zur Kontrolle dient und auf den Anker des Auslöseelektromagneten nicht wirken kann, während jedoch der Anker des Kontrollrelais angezogen wird. Letzterer fällt bei Leitungsbruch ab und schaltet einen Wecker ein, welcher bis zur Abschaltung weitertönt, während der Hauptmelder nicht beeinflußt wird. Bei Benutzung eines Nebenmelders wird ein am Ende der Leitung liegender hoher Widerstand kurzgeschlossen. Hierdurch wird der Ruhestrom derartig verstärkt, daß der Anker des Auslösemagneten in Funktion treten kann. Die im Schema gestrichelt angegebene Zuleitung zu dem einen Nebenmelder

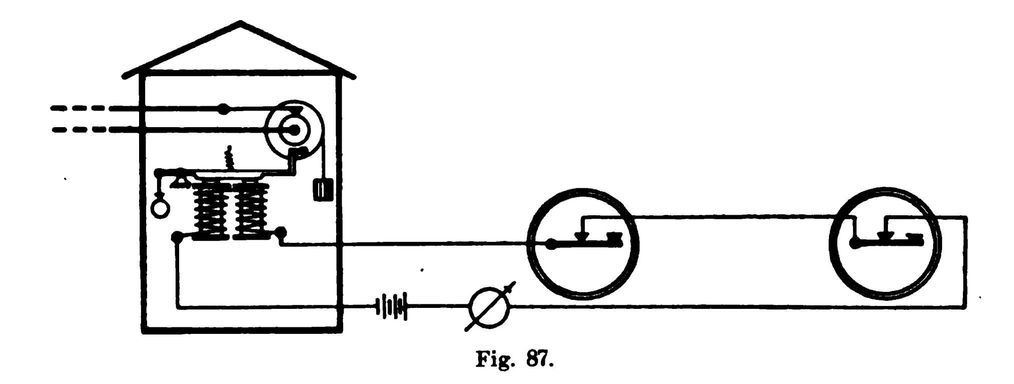


Fig. 87.

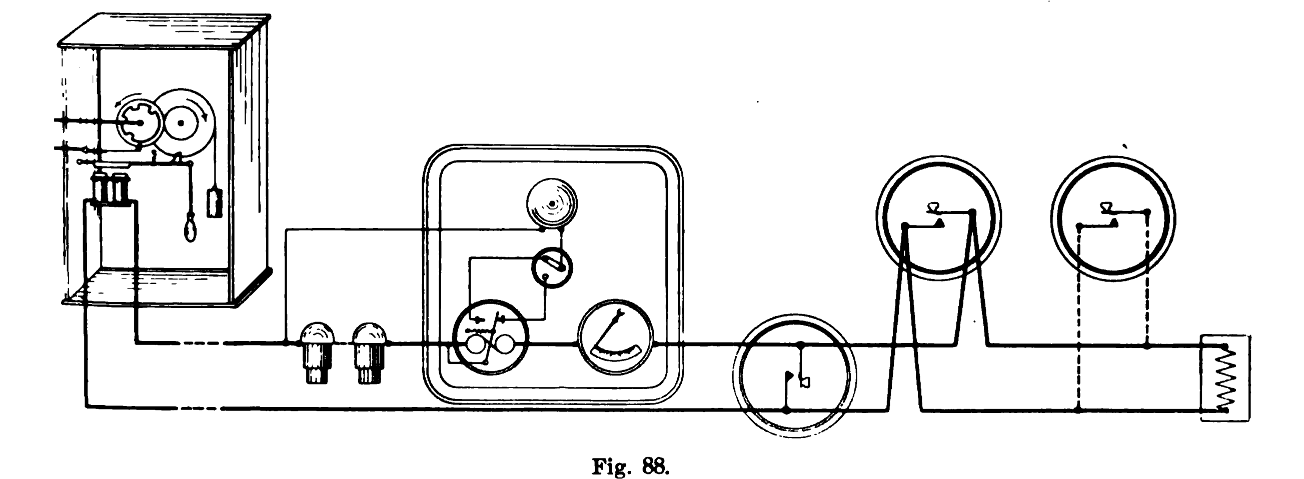


Fig. 88.

darf bei dieser Schaltungsart nicht angewendet werden, weil die Auslösung des Hauptmelders durch diesen Nebenmelder zwar richtig erfolgen würde, die Zuleitung jedoch nicht unter Ruhestromkontrolle stehen würde.

Durch Einschaltung von Fallklappentableaus kann eine Nebenmelderanlage derartig unterteilt werden, daß die örtliche Lage eines benutzten Nebenmelders angezeigt wird, damit die anrückende Feuerwehr sofort über die Lage der Brandstelle im Klaren ist. Ebenso läßt sich gleichzeitig mit der Auslösung des Hauptmelders die Einschaltung von Notbeleuchtung oder von Alarmwerken verschiedenster Ausführungen bewirken.

B. Selbsttätige Melder.

Neben den von Hand zu betätigenden Nebenmeldern finden neuerdings selbsttätig wirkende Feuermelder vielfach Verwendung. Die Anzahl der auf den Markt gebrachten Ausführungen von automatischen Meldern ist außerordentlich groß; täglich tauchen neue Erfindungen auf. Die im allgemeinen wenig zuverlässigen Konstruktionen derartiger Apparate haben jedoch dazu geführt, daß die Feuerwehrbehörden diesen Einrichtungen ein berechtigtes Mißtrauen entgegenbringen, vor allem dann, wenn es sich darum handelt, eine Nebenmelderanlage mit selbsttätigen Meldern an einen städtischen Hauptmelder anzuschließen. Viele selbsttätige Melder sind zu empfindlich, wodurch leicht falsche Alarme entstehen.

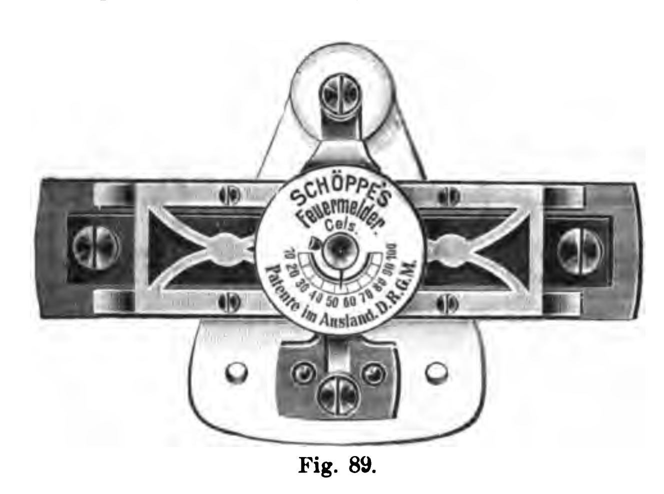


Fig. 89.

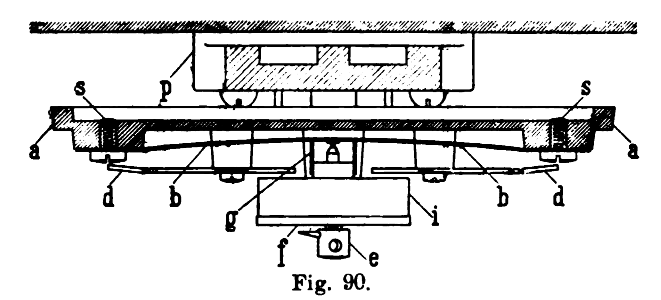


Fig. 90.

Von den in Deutschland verwendeten selbsttätigen Meldern sind die der Firmen SCHÖPPE-Leipzig und SIEMENS & HALSKE die bewährtesten. Je nach den von den maßgebenden Behörden gestellten Bedingungen erfüllt der eine oder der andere dieser beiden Melder vollständig alle Anforderungen, welche man billigerweise an selbsttätige Melder stellen kann.

Bei den Meldern von SCHÖPPE (Fig. 89 u. 90) wird die durch Wärmeeinwirkung veränderliche Durchbiegung eines aus zwei verschiedenen Metallen zusammengesetzten Kontaktstreifens *b* benutzt. Auf einer Grundplatte *a* ist der bereits unter Vorspannung stehende, schwarz lackierte Kontaktstreifen, welcher in der Mitte ein Platinkontaktplättchen trägt, befestigt. Dem Kontaktstreifen gegenüber befindet sich eine isoliert angebrachte Kontaktschraube *e*. Je nach Stellung dieser Schraube ist eine größere oder geringere Durchbiegung des Kontaktstreifens *b* nötig, um Stromschluß bzw. Stromunterbrechung entsprechend der Stromart hervorzurufen; die Kontaktschraube wird daher mit einem Zeiger versehen, welcher auf einer Skala *f* die für die verschiedenen Stellungen der Kontaktschraube in Betracht kommenden Temperaturen anzeigt. Dieser Melder ist somit für verschiedene Temperaturen von 10 bis 100° Celsius einstellbar.

Bei dem selbsttätigen Melder von SIEMENS & HALSKE (Fig. 91) [1]) wird die Ausdehnung einer Flüssigkeit in einem Thermometerröhrchen (Fig. 92) benutzt. Steigt die Temperatur in der Umgebung dieser Röhre *a* weiter, wenn die Flüssigkeit durch ihre Ausdehnung bereits die ganze Röhre ausgefüllt hat, so springt die mit dünnerer Wandung versehene Kugel der Patrone. Die kritische Temperatur kann für jede Patrone bei der Fabrikation beliebig zwischen 30° und 150° Celsius gewählt werden. Die Patrone wird in die Bohrungen *b* zweier Stege auf einem Sockel *s* aus Ambroin eingeführt und hält mit ihrer freiliegenden Kugel zwei im Sockel befindliche Kontaktfedern f und f_1 zusammen (Ruhestromschaltung) oder hält sie in gewisser Entfernung voneinander (Arbeitsstromschaltung). Das Platzen der

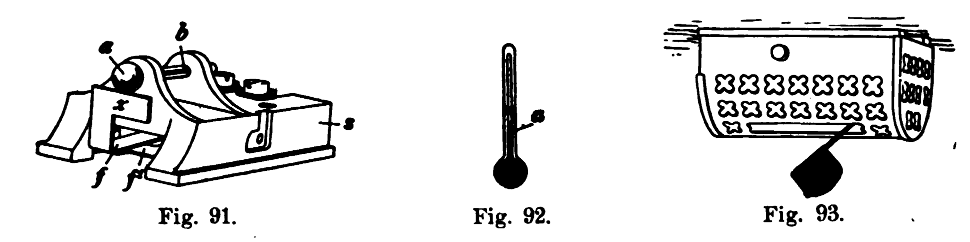


Fig. 91. Fig. 92. Fig. 93.

Kugel gibt die Kontaktfeder f frei, wodurch der Kontakt geöffnet bzw. geschlossen wird. Diese Einrichtung bietet den Vorteil, daß bei Ruhestromschaltung die Federn bis zum letzten Augenblick mit gleichem Druck aufeinanderliegen, also auch bei starken Temperaturschwankungen in dem betreffenden Raume bis zur kritischen Temperatur hinauf dauernd gleich guten Kontakt geben. Der in Fig. 93 abgebildete Melder ist mit einer beim Platzen der Patrone vorspringenden Fahne versehen, damit aus einer größeren Anzahl in demselben Raume untergebrachter Melder leicht derjenige herausgefunden werden kann, durch den eine Meldung erfolgt ist.


Fig. 94.

Viele Feuerwehrbehörden stellen die Bedingung, daß die selbsttätigen Feuermelder nur zu bestimmten Zeiten direkt auf den Auslösemagneten eines städtischen Melders wirken dürfen, damit in Betrieben, in denen während der Arbeitszeit eine mechanische Zerstörung der selbsttätigen Melder nicht ausgeschlossen erscheint, unbeabsichtigte Alarmierungen der Feuerwehr vermieden werden. Durch eine der Firma SIEMENS & HALSKE geschützte Schaltuhr [2]) erfolgt die Abschaltung der Nebenmelderanlage automatisch, also unabhängig von der Gewissenhaftigkeit des Bedienungspersonals. Die Schaltuhr (Fig. 94) besteht aus einem 24-Stunden-Zifferblatt, dessen beide Zeiger hinter der Deckplatte mit zwei Schaltscheiben, welche durch ein zweites, gewöhnliches Uhrwerk in Drehung versetzt werden, in Verbindung stehen. Durch Verstellung der Zeiger zueinander wird die Dauer des Kontaktschlusses zwischen den Schaltscheiben und einer auf dem Umfange der Schaltscheiben schleifenden Kontaktfeder verändert; durch einen von der Feder eingeschalteten Nebenschluß für den Auslösemagneten kann die direkte Einwirkung der selbsttätigen

1) Die Schutzklappe ist in der Abbildung abgenommen.
2) D.R.P. 138273.

Melder auf den Hauptmelder während einer beliebig bestimmbaren Zeit aufgehoben werden. Bei einer Meldung aus dem Privatmelderstromkreis wird während dieser Zeit nur ein Ortsalarm eingeschaltet.

Die selbsttätigen Melder dienen vorteilhaft als Ergänzung der von Hand zu betätigenden Feuermelder zur Erhöhung der Feuersicherheit in solchen Räumen, welche entweder nur selten betreten werden oder sehr wertvolle Objekte enthalten. Wird für ein Theater oder ein Warenhaus eine Feuermeldeanlage hergestellt, für welche kombinierte Feuer- und Wächterkontrollmelder und außerdem noch selbsttätige Melder vorgesehen werden, so ist die denkbar größte Gewähr für die schnelle Meldung eines ausgebrochenen Feuers gegeben. Die Zentralschalttafel einer derartigen Anlage zeigt die Abbildung auf Tafel III.

XI. Alarmanlagen.

Für diejenigen Städte und Ortschaften, welche nur eine freiwillige oder Pflichtfeuerwehr oder neben der Berufsfeuerwehr noch eine freiwillige Feuerwehr haben, ist die Einrichtung einer Alarmanlage in Zusammenhang mit der Feuermeldeanlage eine zwingende Notwendigkeit, um die meist zerstreut wohnenden Löschmannschaften möglichst rasch zum Spritzenhaus oder zu einer anderen Sammelstelle zu rufen.

A. Öffentlicher Alarm.

Die Alarmierung kann öffentlich durch Dampfpfeifen, Sirenen, in den Straßen aufgestellte Alarmwerke (Fig. 95) oder zum Anschlagen der Kirchenglocken eingerichtete Läutewerke (Fig. 96) geschehen. Gewöhnlich erfolgt

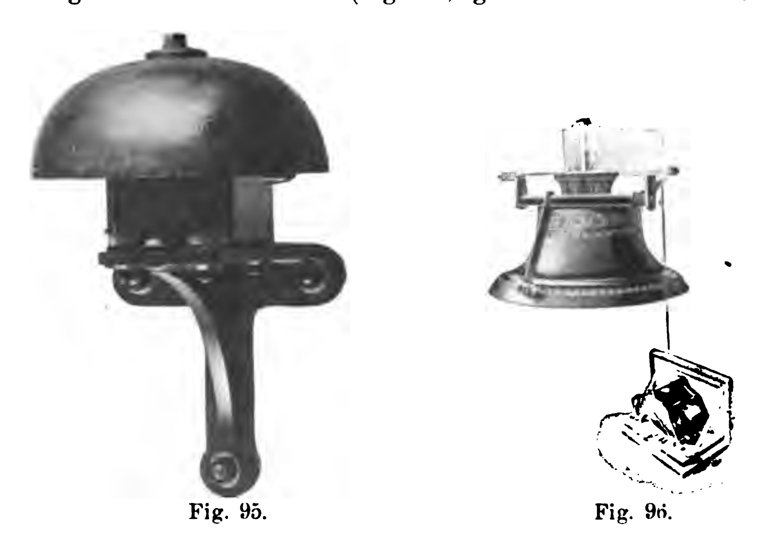


Fig. 95. Fig. 96.

die Einschaltung dieser Alarmapparate auf elektrischem Wege direkt von derjenigen Stelle aus, wo sich die Empfangsapparate der Feuermeldeanlage befinden. Die Läutewerke erhalten, sobald sie mit Gewichtsantrieb arbeiten, zur Auslösung je ein Elektromagnetsystem, dessen Wickelung vielfach

in die Feuermeldeleitung eingeschaltet wird. Der schwache Ruhestrom ist nicht imstande, die Anker der Elektromagnetsysteme zum Anzug zu bringen; die Auslösung erfolgt daher bei Verstärkung des Linienstromes durch Einschalten einer Zusatzbatterie oder Ausschalten eines Widerstandes auf der Zentrale. Häufig werden die Läutewerke (Fig. 95 u. 96) dort, wo Starkstrom zur Verfügung steht, durch kleine Motore angetrieben, welche ihrerseits durch Relais eingeschaltet werden, deren Wickelungen in der Feuermeldelinie liegen können. Der Anzug der Relaisanker erfolgt dann ebenfalls wieder durch Verstärkung des Linienruhestroms.

Die Firma Siemens & Halske stellt neuerdings für Feueralarmzwecke Sirenen mit Starkstrombetrieb her, welche in ein rundes, mit Dach versehenes Blechgehäuse regensicher eingebaut sind. Der Motor ist mit der Achse des Schaufelrades der Sirene unmittelbar gekuppelt und kann direkt ohne Anlasser eingeschaltet werden, so daß fast sofort die höchste Tourenzahl und damit die größte Lautstärke erzielt wird. Diese Sirenen können beliebig auf Dächern, Türmen oder Gittermasten Aufstellung finden.

B. Hausalarm.

Die öffentliche Alarmierung hat den Nachteil, daß ein störender Zulauf von Publikum zur Brandstelle stattfindet und daß die Bürgerschaft zur Nachtzeit gestört und beunruhigt wird. Auch wird der Alarm in der

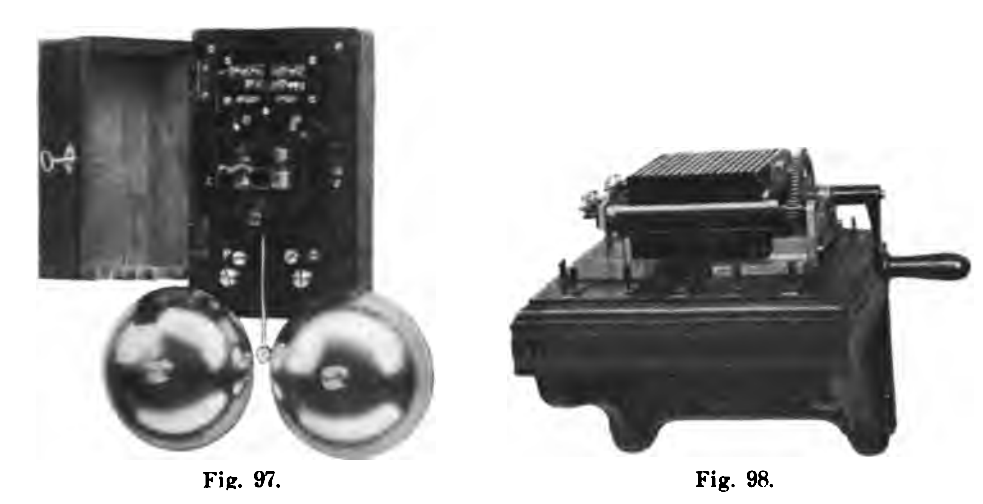


Fig. 97. Fig. 98.

Nacht von den Feuerwehrleuten bei ungünstiger Windrichtung oftmals überhört.

Man gibt daher in den meisten Fällen dem sogenannten „stillen“ Alarm durch Anbringung von Weckern in den Wohnungen der Wehrleute den Vorzug, um nur denjenigen Personen den Ausbruch eines Feuers mitzuteilen, welche für die Löscharbeiten in Betracht kommen. Die Verwendung von Gleichstromweckern mit Lokalbatterien, welche durch Linienrelais eingeschaltet werden, wird wegen der schwierigen Unterhaltung der vielen benötigten Elemente immer seltener; man benutzt fast ausschließlich nur noch Wechselstromwecker (Fig. 97), welche entweder in selbständigen Alarmlinien liegen oder direkt in die Feuermeldeschleifen geschaltet werden. Im zweiten

Falle läßt sich durch wiederholtes Zurückführen der Leitung nach der Zentralstation eine Feuermeldeschleife in mehrere Alarmschleifen zerlegen, welche durch Niederdrücken der einzelnen Einschalttasten eines Wechselstrominduktors (Fig. 98)[1]) nacheinander alarmiert werden können. Wird eine automatische Einschaltung des Alarms beim Einlauf einer Feuermeldung gewünscht, so findet der Antrieb des Induktors vorteilhaft durch einen Elektromotor statt; nebenbei muß jedoch unbedingt zur Sicherheit gegen ein Ausbleiben des Starkstromes die Inbetriebsetzung des Induktors durch eine Handkurbel möglich sein.[2]) Der Fall, daß der Starkstrom versagt, ist hauptsächlich zu beachten, wenn der Strom zum Betrieb der Wecker direkt einem Wechselstromnetz (unter Zwischenschaltung eines Transformators) entnommen werden soll. Wenn an einzelnen Stellen statt des Wechselstromweckers besonders laute Alarmwerke mit Starkstrom- oder Batteriebetrieb Verwendung finden sollen, so erfolgt deren Einschaltung durch Wechselstromrelais. Muß mit dem Umstande gerechnet werden, daß eine größere Anzahl von Feuerwehrleuten wegen Abwesenheit von den Wohnungen die Alarmierungen am Tage nicht hören würden, so findet vorteilhaft bei größeren Bränden noch eine öffentliche Nachalarmierung durch Sirenen oder Dampfpfeifen statt. Falls es zweckmäßig erscheint, den Feuerwehrleuten gleich bei der Alarmierung die Nummer des benutzten Feuermelders mitzuteilen, vor allem wenn große Entfernungen in Frage kommen, so sehen SIEMENS & HALSKE auf der Zentralstation ein Repetierlaufwerk vor (Fig. 65), auf welchem die Nummer des in Betracht kommenden Feuermelders durch Drehen von Handgriffen eingestellt wird. Der vom Induktor dauernd in die Alarmschleife gesandte Strom wird dann durch die Typenscheibe dieses Laufwerks entsprechend unterbrochen und geschlossen; durch die Gruppierung der in kurzen oder langen Zwischenräumen entstehenden Triller kann wie an einem Einschlagwecker die Nummer abgehört werden.

In kleineren Städten, welche auf die Aufstellung von Feuermeldern mit Laufwerken neben der eigentlichen Alarmanlage der Kosten wegen verzichten wollen, zumal dann, wenn größere Entfernungen überhaupt nicht in Frage kommen, kann die Alarmanlage dadurch vervollständigt werden, daß in die Alarmschleife zur Unterbrechung des Ruhestromes Druckknöpfe (Fig. 81) eingeschaltet werden, welche als Feuermeldestellen dienen. Auf der Zentralstelle wird zwar die örtliche Lage der Meldestelle nicht gekennzeichnet, doch kann trotzdem viel Zeit gewonnen werden. Die meldende Person begibt sich nach Benutzung des Druckknopfmelders direkt zum Spritzenhaus und teilt dort den zusammenkommenden, von der Zentralstelle aus alarmierten Feuerwehrleuten die Brandstelle mit. Werden statt der Druckknöpfe Wechselstrominduktoren bei den Meldestellen angebracht, so kann direkt von jeder Meldestelle aus die Alarmierung erfolgen, wodurch sich die Anwesenheit einer Person zur Abgabe des Alarms auf einer Zentralstelle erübrigt.

Die Verwendung von Wechselstromweckern bietet ferner den Vorteil, daß durch Benutzung der Erde als Reserveleitung ähnlich wie bei der Melderanlage eine Sicherheitsschaltung gegen Leitungsbruch ermöglicht wird. Erachtet man es in gewissen Fällen als ausreichend, daß nur eine Hälfte

1) In der Abbildung ist der Schutzkasten abgenommen.
2) Siehe die Abbildung auf Tafel II.

der in einer gebrochenen Schleife liegenden Alarmwecker betriebsfähig bleibt, so genügt die in Fig. 99 wiedergegebene, von SIEMENS & HALSKE benutzte, einfache und billige Einrichtung. Die Schleife erhält zwischen den beiden mittelsten Weckern über einen Kondensator eine ständige Verbindung mit Erde, damit bei Leitungsbruch der Wechselstrom seinen Weg über den nicht beschädigten Leitungszweig, den Kondensator und über Erde zu dem ebenfalls an Erde geschalteten Induktor zurücknehmen und die Wecker dieses Leitungszweiges zum Tönen bringen kann.

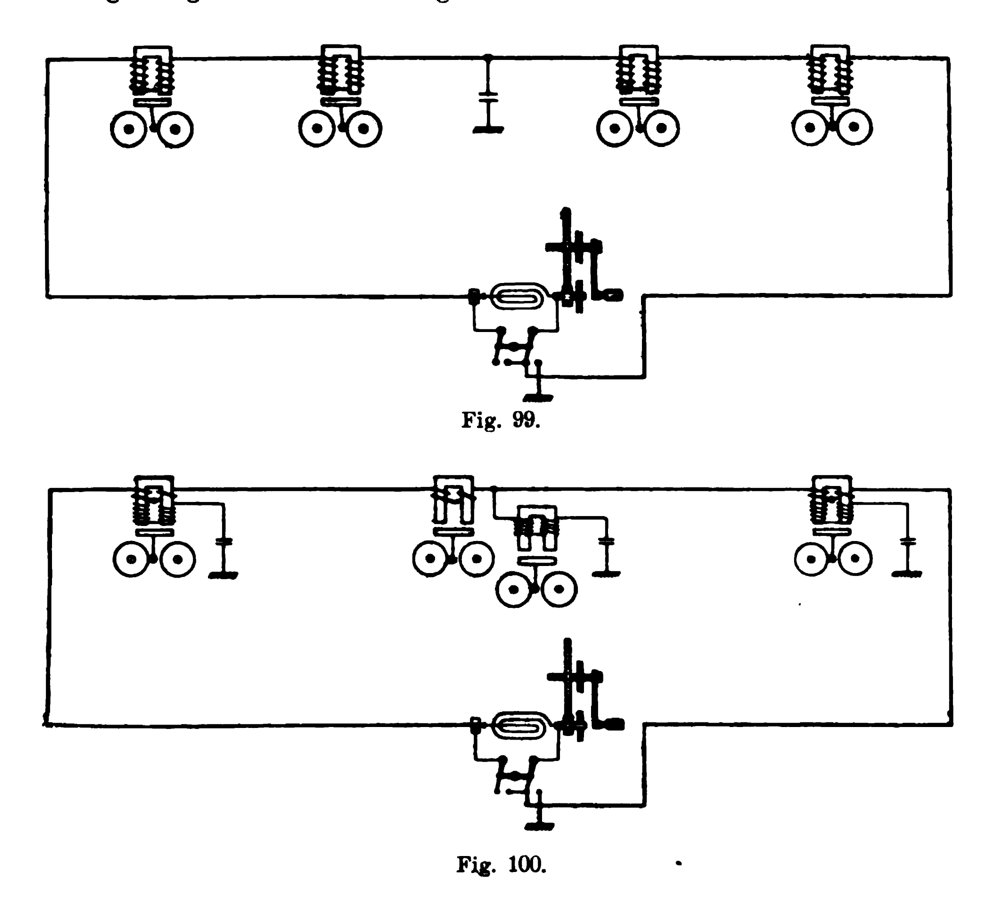


Fig. 99.

Fig. 100.

Im Gegensatz hierzu zeigt Fig. 100 eine Schaltung, bei deren Anwendung sämtliche Alarmwecker im Falle eines Leitungsbruches betriebsfähig bleiben.

Das Prinzip dieser Schaltung beruht darauf, daß die Vorteile der Hintereinander- und der Parallelschaltung gleichzeitig in derselben Anlage benutzt werden. Die Wecker erhalten zu diesem Zwecke zwei getrennte Wickelungen (Fig. 97), von denen die eine mit geringer Windungszahl in der Ringleitung liegt, während die andere mit sehr hohem Widerstand in die Erdleitung geschaltet ist. Es ist, wie leicht ersichtlich, auch angängig, statt eines Weckers mit zwei verschiedenen Wickelungen zwei einzelne Wecker nebeneinander zu verwenden. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, vorhandene Weckeranlagen durch Hinzufügen von Weckern mit entsprechender Wickelung nachträglich für Sicherheitsschaltung einzurichten.

Bei normaler Leitung fließt, wie Fig. 100 zeigt, der von dem in die Schleifenleitung geschalteten Induktor erzeugte Wechselstrom über die in Reihenschaltung liegenden Weckerspulen mit dem geringen Widerstand. Bei Drahtbruch findet er durch Verzweigung über die in Parallelschaltung zueinander liegenden Wickelungen mit dem hohen Widerstand in beiden Strahlenleitungen einen Weg über Erde zu dem durch Umlegen eines Schalters gleichfalls geerdeten Induktor zurück. Damit derartige Anlagen unter Ruhestromkontrolle gestellt werden können, werden in die Erdleitungen der Wecker Kondensatoren eingeschaltet, welche dem Gleichstrom den Weg über Erde verriegeln.

Um das Umlegen eines Schalters von Hand bei Leitungsbruch zu ersparen, hat die Firma Mix & Genest den Induktor mit einer selbsttätigen Umschaltevorrichtung versehen, durch welche die einseitig geerdete Wickelung des Induktors beim Drehen abwechselnd mittels zweier Stromschlußstücke (siehe Fig. 101) an die eine oder die andere Seite der Ringleitung ge-

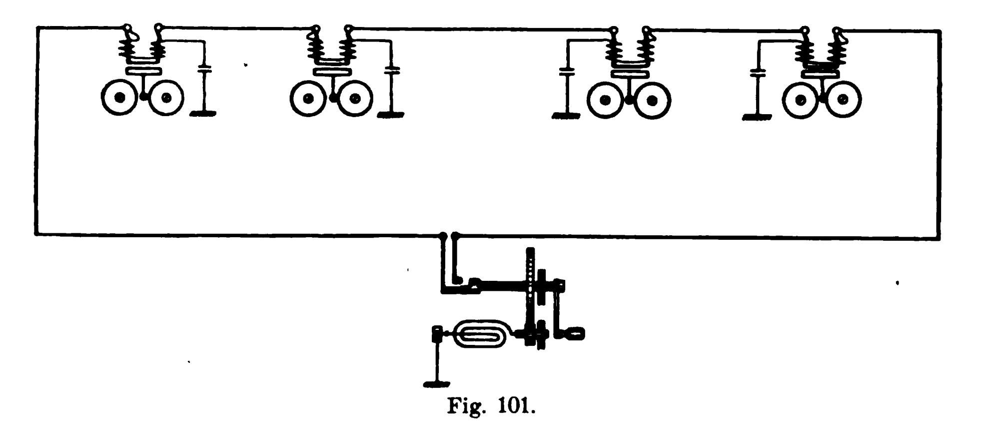


Fig. 101.

schaltet wird.[1]) Infolge der Wirkung des Umschalters wird in der Ringleitung während der Drehung des Induktors eine Leitungsunterbrechung hervorgerufen, so daß im Gegensatz zu der vorigen Schaltung der Strom bei normaler Leitung durch die sekundären Windungen sämtlicher Wecker über Erde zum Induktor zurückkehrt. Bei Leitungsbruch nimmt der Strom denselben Weg; jedoch können nur jedesmal diejenigen Wecker ansprechen, welche zwischen der Bruchstelle und dem gerade mit der Induktorwickelung in Verbindung stehenden Stromschlußstück liegen. Es findet daher ein absatzweises Läuten der Wecker statt. Durch rasches Kurbeln folgen die Stromstöße sehr schnell, so daß das absatzweise Läuten kaum bemerkbar wird. Die schnell folgenden Stromstöße bedingen jedoch leichte Klöppel an den Weckern, da die Anker sonst nicht folgen würden. Über die primären Wickelungen der Wecker fließt der Strom hauptsächlich nur bei Vorhandensein eines Erdschlusses, wobei ebenfalls wieder absatzweises Läuten eintritt. Liegt dieser Erdschluß jedoch in der Nähe der Zentralstation, z. B. vor dem ersten Wecker, so heben sich die Wirkungen der über die primären und sekundären Wickelungen fließenden Ströme auf, falls nicht in die Erdleitungen der Wecker — selbst wenn keine Leitungskontrolle durch Ruhe-

1) D.R.P. 140755.

strom vorgesehen ist — Kondensatoren eingeschaltet werden. Durch die eingeschaltete Kapazität soll eine Phasenverschiebung der zur Erde abfließenden Ströme hervorgerufen werden, so daß die Wirkung dieser Ströme verstärkt wird. Damit diese Verhältnisse je nach Lage des Erdschlusses im ungünstigsten Falle nur für die Hälfte der Wecker in Frage kommen, wird bei den einzelnen Weckern die sekundäre Wickelung mit demjenigen Ende der primären Wickelung verbunden, welches in der Ringlinie auf dem kürzesten Weg zur Zentrale führt (Verbundschaltung).

Die Umschaltevorrichtung kommt bei den Ausführungen der Firma SIEMENS & HALSKE[1]) vollständig in Fortfall; ein absatzweises Läuten der Wecker kann selbst beim langsamen Kurbeln nicht eintreten, es können daher

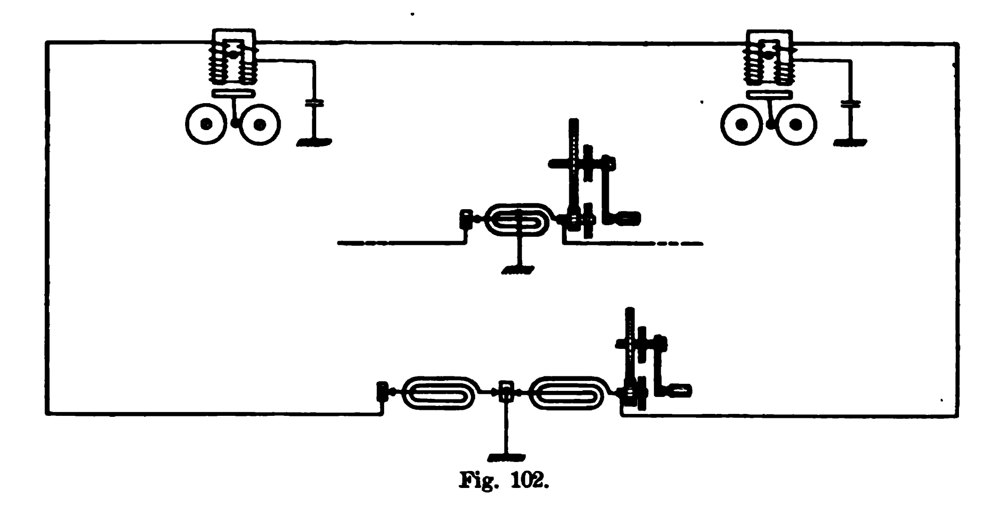


Fig. 102.

große Wecker mit schweren Klöppeln verwendet werden. Der Induktor liegt direkt in der Ringleitung; die Mitte seiner Wickelung erhält eine Erdverbindung. Ebenso können zwei gekuppelte Induktoren nebeneinander Verwendung finden, deren Verbindungsleitung an Erde geschaltet ist (Fig. 102). Bei normaler Leitung und bei Erdschluß treten die primären Wickelungen der Wecker in Wirksamkeit. Durch den dabei auch über die sekundären Wickelungen fließenden geringen, durch die hohe Selbstinduktion dieser Wickelung nicht gänzlich abgedrosselten Strom wird die Wirkung der primären Spulen noch verstärkt. Bei Leitungsbruch erhalten die sekundären Wickelungen sämtlicher Wecker in jeder der beiden Strahlenleitungen gleichzeitig von je einer Hälfte der Induktorwickelung, bzw. bei gekuppelten Induktoren von je einem derselben, Strom über Erde (Alarmsicherheitsschaltung).

XII. Polizeimelderanlagen.

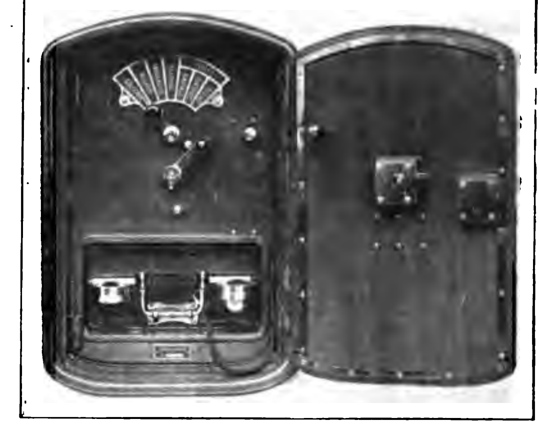
In vielen größeren Städten Nordamerikas bestehen Signalanlagen, welche der Bürgerschaft die Möglichkeit bieten, bei Unfällen jeglicher Art auf telegraphischem Wege ohne besondere Vorkenntnisse polizeiliche Hilfe herbeizurufen.

1) D.R.P. 146488 u. 151182.

Während für diese Zwecke in Deutschland meist nur das Telephon Verwendung findet, ist dasselbe bei den amerikanischen Anlagen für die Abgabe



Fig. 103.



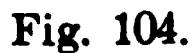


Fig. 104.



Fig. 105.

von Meldungen seitens des Publikums grundsätzlich vermieden worden, da die Erfahrung gezeigt hat, daß Zeitverluste und Irrtümer bei telephonischen Meldungen nicht zu vermeiden sind, wie bereits im Kapitel III klargelegt wurde.

Es kommen daher, ebenso wie bei Feuermelderanlagen, nur Melder mit Laufwerken zur Verwendung. Die Einrichtungen und der Betrieb von Polizeimelderanlagen gleichen fast vollständig denjenigen von Feuermelderanlagen. So kann beispielsweise jedes der drei in der Feuertelegraphie gebräuchlichen Empfangssysteme Anwendung finden; ebenso lassen sich die für kombinierte Feuermelde- und Wächterkontrollanlagen bzw. Unfallmeldeanlagen gebräuchlichen Schaltungsarten entsprechend benutzen. Als Beispiel für die Vielseitigkeit, mit der sich Polizeimelderanlagen ausgestalten lassen, um den weitgehendsten Anforderungen zu genügen, kann die neue Anlage der Stadt Rio de Janeiro dienen.

Die Anlage enthält nach ihrer Fertigstellung 580 Polizeimelder (Fig. 103—105), von denen jedesmal etwa 15 zusammen in eine Kabelschleife geschaltet sind.

Die Bedienung der Melder bei Unfällen irgendwelcher Art geschieht seitens des Publikums durch Einstecken eines Schlüssels in das mitten auf der Meldertür befindliche Schlüsselloch (siehe Fig. 103 bei Chave Cidadao d. h.

Bürgerschlüssel). Durch Umdrehung des Schlüssels wird das Laufwerk ausgelöst, welches die Nummer des Melders nach der nächstliegenden Polizeiwache übermittelt, während der Schlüssel selbst gesperrt bleibt und nur von

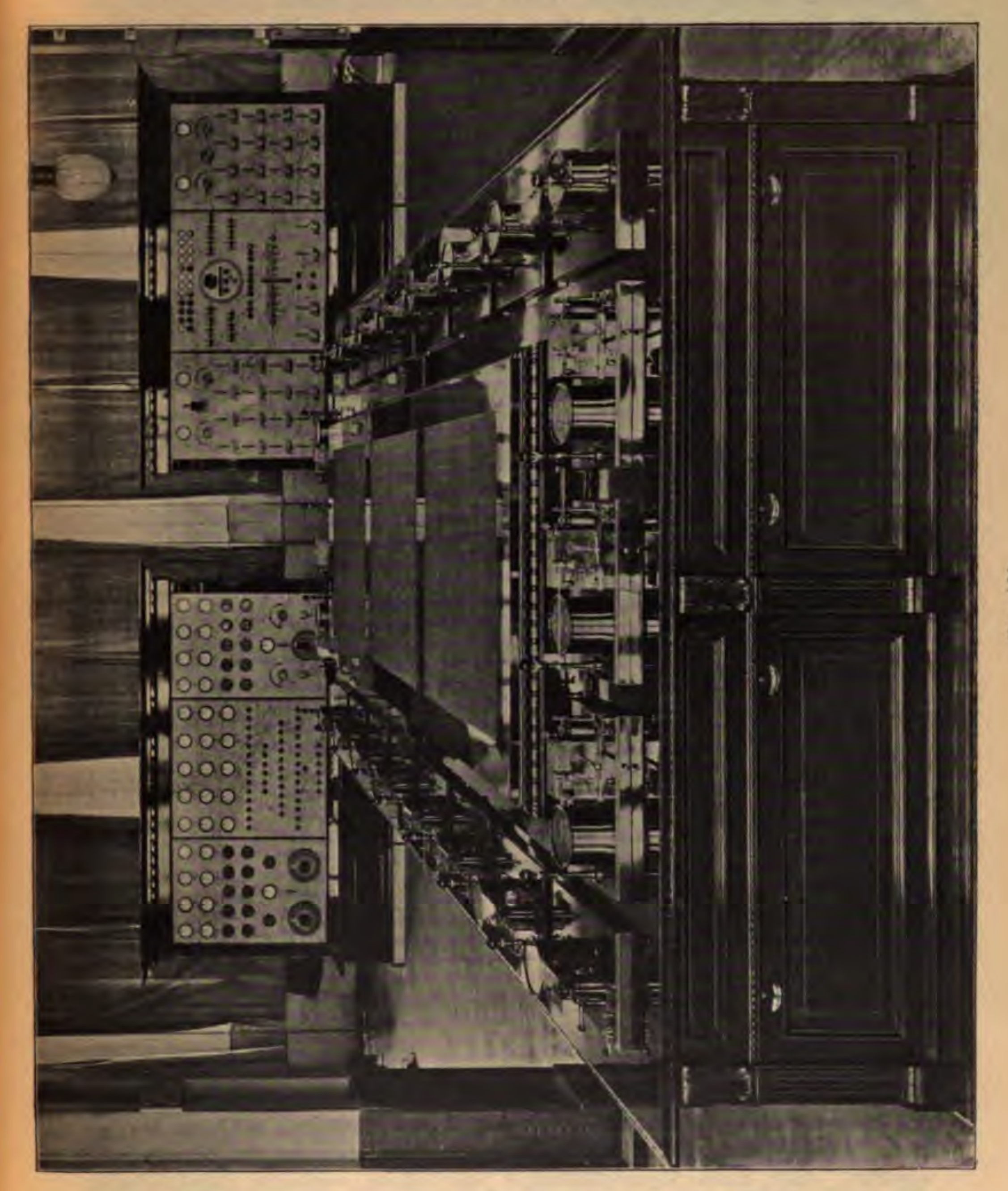


Fig. 106.

einem Polizeibeamten nach Öffnen der Meldertür wieder freigemacht werden kann. Die Schlüssel werden teils zu einem billigen Preise verkauft, teils an Hauseigentümer und städtische Beamte verteilt; sie werden fortlaufend nummeriert, so daß sofort aus der Nummer des Schlüssels der Besitzer

festgestellt werden kann. Einer mißbräuchlichen Benutzung der Melder ist dadurch vorgebeugt.

Es sind 7 größere Polizeiwachen vorhanden, von denen jede als Empfangsstation für eine bestimmte Anzahl von Meldern dient.

Die Zentralapparate der größten Polizeiwache, der Hauptwache, zeigt die Abbildung Fig. 106. Zur Hauptwache führen 14 Melderschleifen, ferner

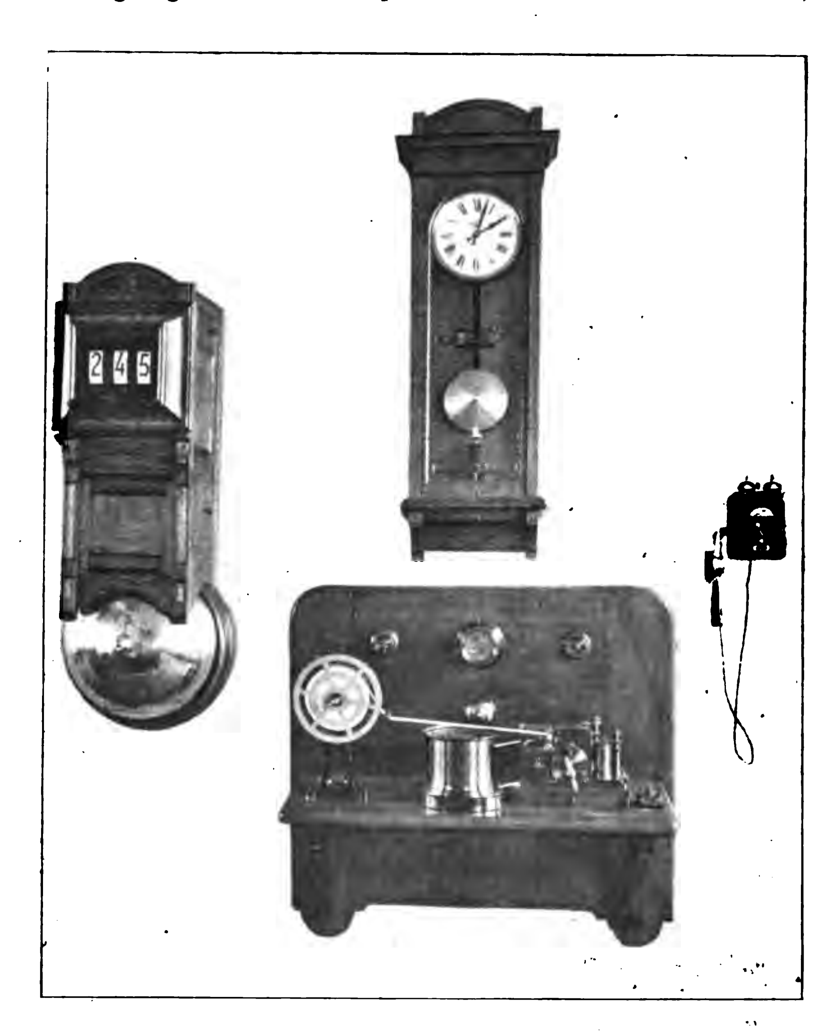


Fig. 107.

6 Verbindungsschleifen, welche zur Übertragung der auf den übrigen Polizeiwachen einlaufenden Meldungen nach der Hauptwache dienen. Auf dem Stationstische sind die Empfangsapparate für die einzelnen Schleifen aufgestellt, welche jedesmal aus einem Telegraphenfarbschreiber mit Zeitstempelapparat, einer roten Signalglühlampe und einem verdeckt angebrachten selbsttätigen Aufwickler für den Papierstreifen bestehen. Der beim Eingang einer Meldung durch ein Weckersignal und durch das Aufleuchten der roten Glühlampe aufmerksam gemachte Beamte liest die Meldernummer von dem Registrierstreifen ab und stellt fest, welche von den 40 kleinen Polizei-

stationen (Posten) diesem Melder am nächsten liegt. An diese Polizeistation wird dann die Meldernummer mittels eines Apparates, welcher die Einstellung jeder beliebigen dreistelligen Zahl gestattet, weitergegeben (siehe Fig. 65).[1]) Diese Weitergabe kann auch an mehrere Posten gleichzeitig erfolgen.

Die Empfangsapparate jeder einzelnen Polizeistation bestehen, wie Fig. 107 zeigt, aus einem Registrierapparat mit Zeitstempel und einem Indikator, dessen Arbeitsweise bereits beim Einschlagglockensystem beschrieben wurde.

Die Besatzung der alarmierten Polizeistation, welche aus etwa 6 Schutzleuten besteht und einen dauernd bespannten Wagen zur Verfügung hat, rückt nach dem betreffenden Melder ab. Über die erfolgte Ausfahrt wird die Polizeiwache, welche die Weitergabe der Meldung veranlaßt hat, durch Rücksignale verständigt, damit die Alarmierung eines anderen Postens erfolgen kann, sobald die Besatzung der zuerst benachrichtigten Station bereits infolge einer direkten mündlichen Meldung ausgerückt ist. Da die Abgabe einer Meldung und die Alarmierung der zuständigen Polizeistation sich äußerst rasch vollziehen, kann bereits nach 2 oder 3 Minuten die polizeiliche Hilfe an dem benutzten Melder sein. Handelt es sich um Vorkommnisse, bei welchen die erschienenen 6 Schutzleute allein nichts ausrichten können, wie z. B. um Feuer oder um die Herbeischaffung eines Krankenwagens mit Sanitätspersonal, so wird von einem Schutzmann die Tür des Melders geöffnet und das in Betracht kommende Signal z. B. eine Feuermeldung — nach Verschieben eines Zeigers auf einer mit Aufschriften versehenen Skala bis „Incendio (Feuer)“ — durch Herabdrücken des Auslösehebels abgegeben (siehe Fig. 104). Die Übermittelung der Nummer des Melders nach der Polizeiwache erfolgt dann durch das Laufwerk, wie bereits vorn beschrieben.



Fig. 108.

1) Der Apparat befindet sich in der Mitte der rechten, in Fig. 106 abgebildeten Schalttafel.

Beim Schließen der Tür stellt sich der Zeiger stets wieder auf das mit dem Bürgerschlüssel zu gebende Signal „Soccorro (Hilferuf)“.

Damit der Bedienungsbeamte auf der Wache sofort orientiert ist, daß es sich nicht um den gewöhnlichen Hilferuf, sondern um eine andere Meldung handelt, erscheint auf dem Registrierapparat vor der eigentlichen Meldernummer ein Vorzeichen, aus welchem die Art der Meldung, wie „Feuer“ oder „Ambulanz“ deutlich hervorgeht. Nunmehr wird der wachthabende Beamte die erhaltene Meldung nicht wieder an einen Polizeiposten, sondern an eine Feuer- bzw. Sanitätswache weitergeben. Falls bei eigenartigen Unglücksfällen die einfache Signalisierung nicht genügen sollte, kann der Schutzmann durch ein im Melder vorgesehenes Telephon der Zentralstelle bzw. der Gasanstalt, dem Elektrizitäts- oder Wasserwerk genaue Angaben über die nötigen Maßnahmen machen.

Für diesen telephonischen Verkehr sind auf den Polizeiwachen Fernsprechvermittelungsschränke vorgesehen. Den Vermittelungsschrank der Hauptwache zeigt Fig. 108. Der Anruf der Vermittelungsstelle geschieht nach den neuesten Prinzipien durch Aufleuchten von Glühlampen, sobald der Fernsprecher eines Melders von seiner Auflage abgenommen wird. Desgleichen erfolgt das Schlußzeichen automatisch durch Wiederauflegen des Fernsprechers.

Bemerkenswert ist der Umstand, daß für den telephonischen Verkehr keine getrennten Leitungen nötig wurden, da die Sprechströme ihren Weg über die Melderlinien nehmen, ohne daß die Registrierapparate bei dem Anruf des Vermittelungsschrankes durch Abheben des Fernsprechers irgendwie beeinflußt werden (Anruf durch Stromschwächung).

Auf einfache Weise ist ein telephonischer Verkehr von jedem Melder aus mit jeder anderen Telephonstelle (Wache, Posten, Melder usw.) über die Vermittelungsschränke ermöglicht worden.

Es ist jedoch nicht nur jedem Schutzmann die Möglichkeit geboten, vom Melder aus die Polizeiwachen für telephonische Mitteilungen anzurufen, sondern es können auch umgekehrt die Polizeiwachen die auf ihren Rundgängen befindlichen Schutzleute zur raschen Übermittelung von Nachrichten oder Befehlen, z. B. für die Zusammenziehung eines größeren Polizeiaufgebotes nach einer bestimmten Stelle der Stadt, für die Mitteilung eines erfolgten Diebstahles oder eines Mordes und dergl. an den nächsten Melder rufen. Zu diesem Zwecke sind über jedem Melder ein wasserdichter Rasselwecker und eine grün gefärbte Glühlampe angebracht, welche von der Polizeiwache aus eingeschaltet werden. Bei Nacht kommt nur das Lichtsignal, bei Tage nebenbei noch das Weckersignal zur Anwendung.

Während die bisher beschriebenen Einrichtungen für deutsche Verhältnisse vollständig ausreichend wären, hat die Stadt Rio de Janeiro sich genötigt gesehen, die gesamte Meldeanlage gleichzeitig als Kontrollanlage für die patroullierenden Schutzleute ausbilden zu lassen. Diese Aufgabe wurde in einfachster Weise dadurch gelöst, daß die Schutzleute, sobald sie auf ihren Rundgängen einen Melder passieren, denselben öffnen müssen, um durch Einstellung des bereits erwähnten Zeigers auf „Rondante (Rundgang)“ und durch Auslösung des Laufwerks die Nummer des Melders nach der Wache zu übermitteln. Durch ein bestimmtes Vorzeichen werden diese Kontrollmeldungen von den Unfallmeldungen unterschieden; ferner ist durch

entsprechende Anwendung der in Fig. 76 wiedergegebenen Schaltung eine Alarmierung der Wache bei Kontrollmeldungen vermieden.

Die Kontrollmeldungen, welche für Polizeisergeanten und für Offiziere in Betracht kommen, werden in gleicher Weise durch Einstellung der Zeiger auf „Sargento" bzw. „Official" abgegeben.

Die für die Ladung der Akkumulatoren und für die Überwachung der Anlage notwendigen Meßinstrumente und Schaltapparate sind auf zwei Schalttafeln untergebracht (Fig. 106). Zur Aufrechterhaltung des Betriebes bei Leitungsbruch in einer Melderschleife ist ein Reserveregistrierapparat vorhanden.

Für die Fortschaltung der Zeitstempelapparate ist auf der Hauptwache eine mechanische Präzisionsuhr vorgesehen. Ebenso hat jede Polizeistation für ihren Zeitstempelapparat eine eigene Uhr mit elektrisch betriebenem Pendel erhalten (siehe Fig. 107). Diese Uhren werden gleichzeitig von der Präzisionsuhr der Hauptwache aller Minuten reguliert, so daß sämtliche Uhren, also auch sämtliche Zeitstempel der Anlage stets gleiche Zeit zeigen.

Beachtenswert ist hierbei, daß jede einzelne Uhr imstande ist, noch weitere 20 oder 30 Nebenuhren anzutreiben, so daß sich der Stadt Rio de Janeiro auf diese Weise die Annehmlichkeit bietet, über 1000 städtische und private Uhren zur Regulierung oder zum direkten Antrieb an die für die Polizeimelderanlage ohnehin vorhandene Uhrenanlage anschließen zu können.

Säulenmelder mit Laterne.



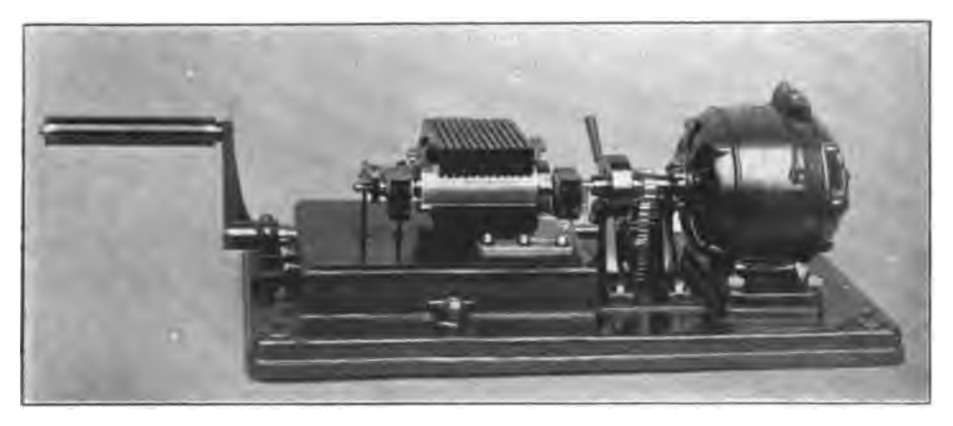
Säulenfeuermelder der Stadt Schöneberg, ausgeführt von der GAMEWELL Co.



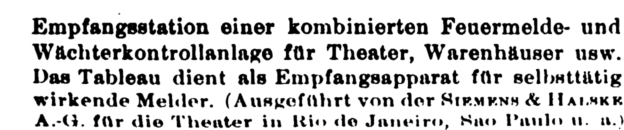
Säulenmelder der Städte Charlottenburg und Wilmersdorf, ausgeführt von der SIEMENS & HALSKE A.-G. Die Laterne ist an dem Ausleger eines Mastes aufgehängt, weil sie gleichzeitig zur Beleuchtung der Bedienungsvorschrift und der Abzugvorrichtung dient. Die Glaskugel ist unten nicht gefärbt.



Normalschalttafel der Gamewell Co. für 10 Melderschleifen mit Einrichtungen für Leitungskontrolle und Akkumulatorenladung.



Wechselstrominduktor mit Umschaltevorrichtung für Motor- und Handbetrieb. (Ausgeführt von der Siemens & Halske A.-G. für Dessau, Zittau, Erfurt, Rio de Janeiro, Regensburg u. a.) Der Schutzkasten des Induktors ist abgenommen.

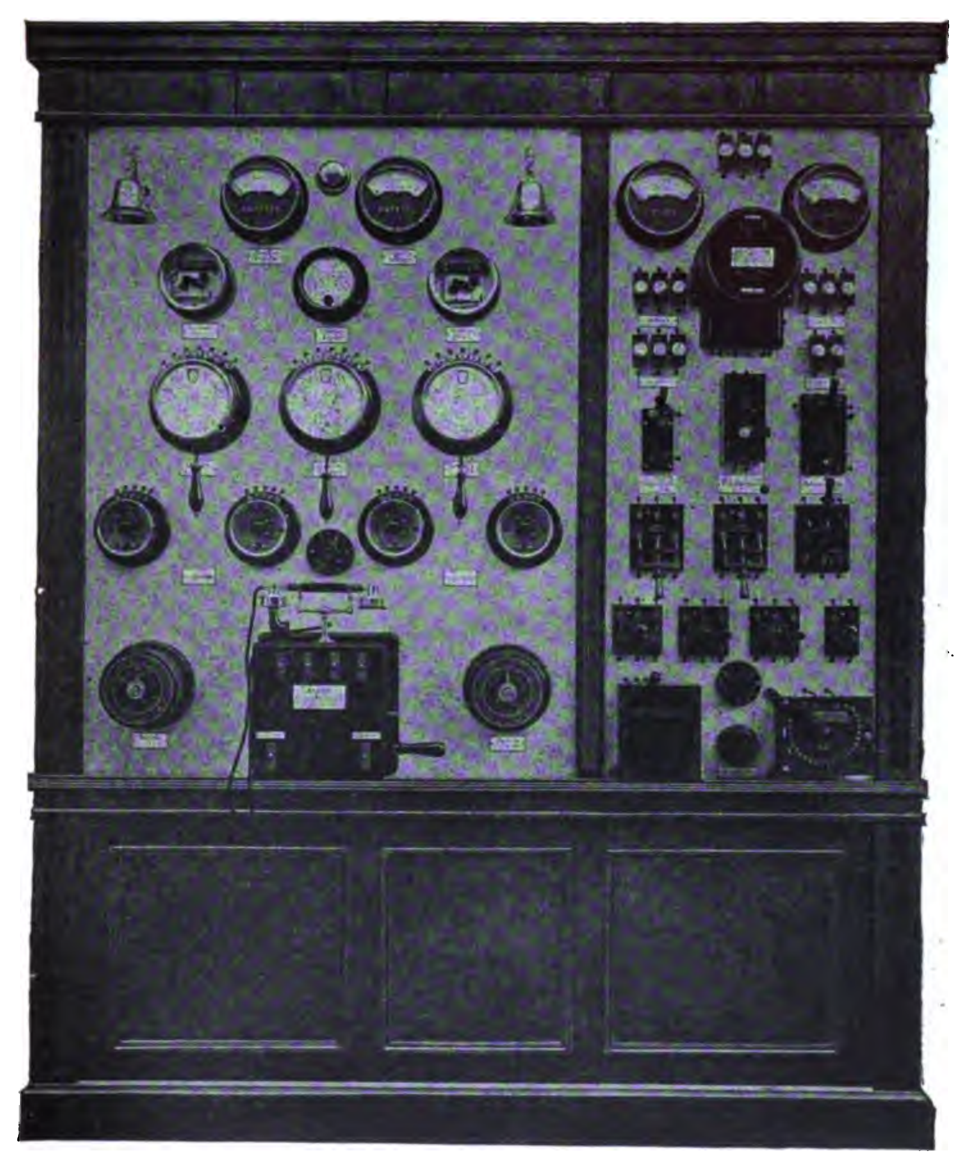


Empfangsstation einer kombinierten Feuermelde- und Wächterkontrollanlage für Theater, Warenhäuser usw. Das Tableau dient als Empfangsapparat für selbsttätig wirkende Melder. (Ausgeführt von der Siemens & Halske A.-G. für die Theater in Rio de Janeiro, Sao Paulo u. a.)



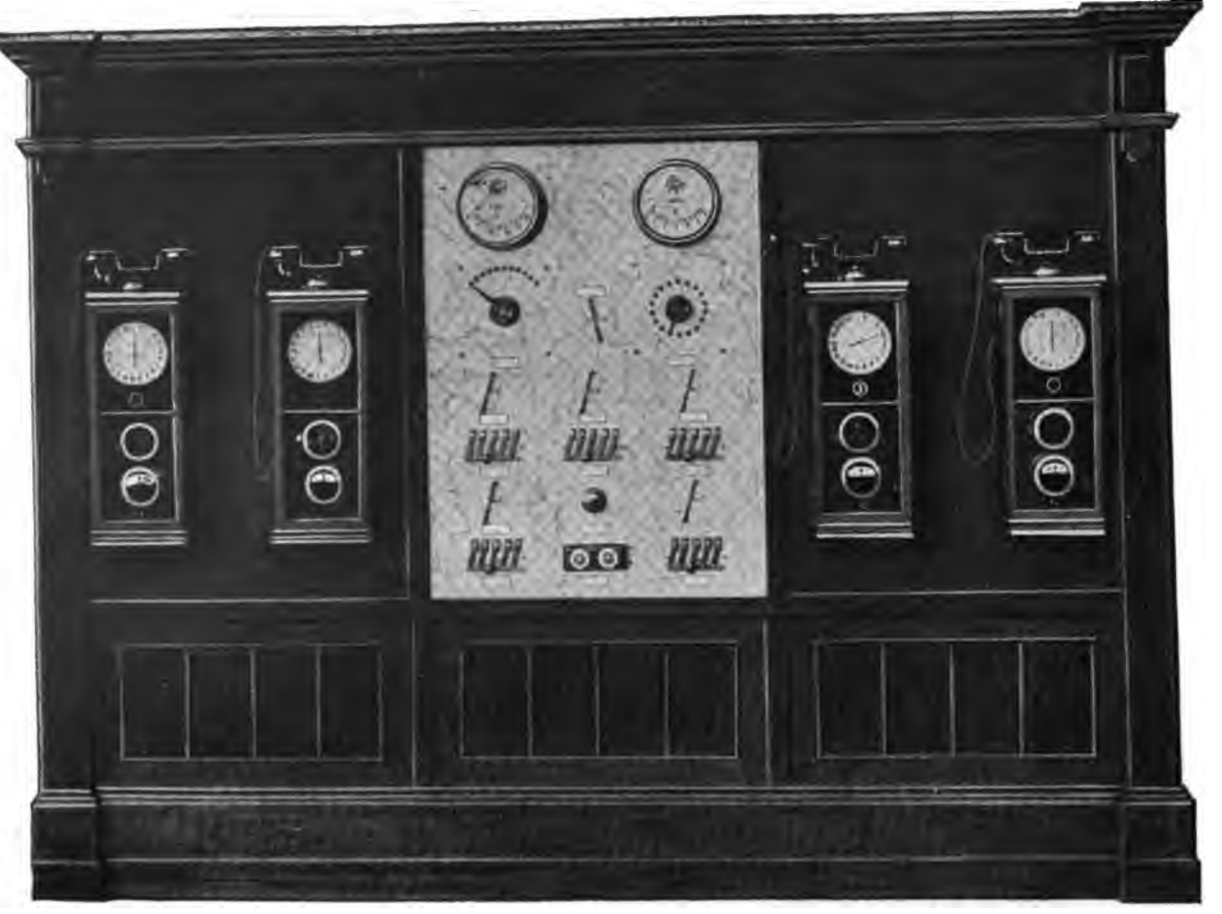
Schalttafel der Siemens & Halske A.-G. für 12 Melderschleifen mit Einrichtungen für Leitungskontrolle und Akkumulatorenladung. (Ausgeführt für Wien, Bremen u. a.)

Tafel IV.



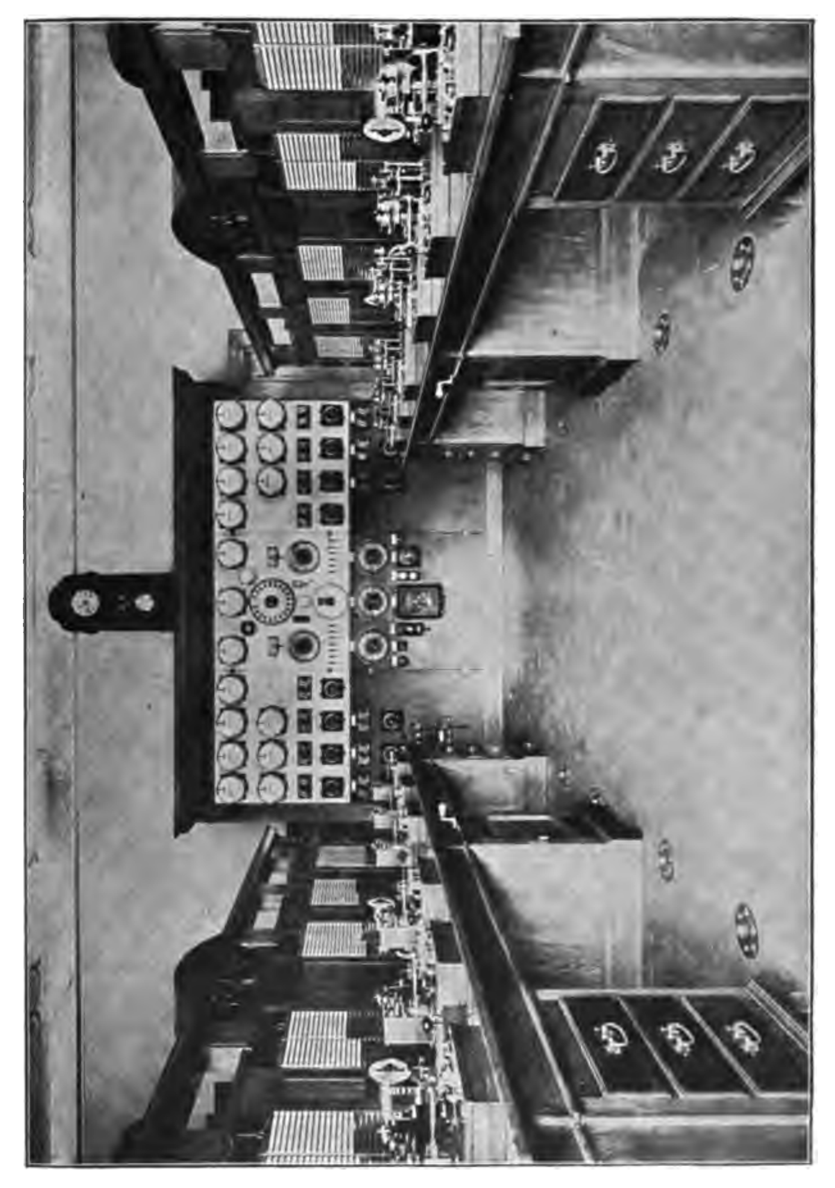
Schalttafel der Feuermeldeanlage in Zehlendorf für 2 Melderschleifen nach dem Zählwerksystem mit Akkumulatorenbetrieb. (Ausgeführt von der A.-G. Mix & Genest.)

Tafel V.



Schalttafel der Feuermeldeanlage in Rostock für 4 Melderschleifen nach dem Zeigerapparatsystem mit Akkumulatorenbetrieb. (Ausgeführt von der Siemens & Halske A.-G.)

Tafel VI.



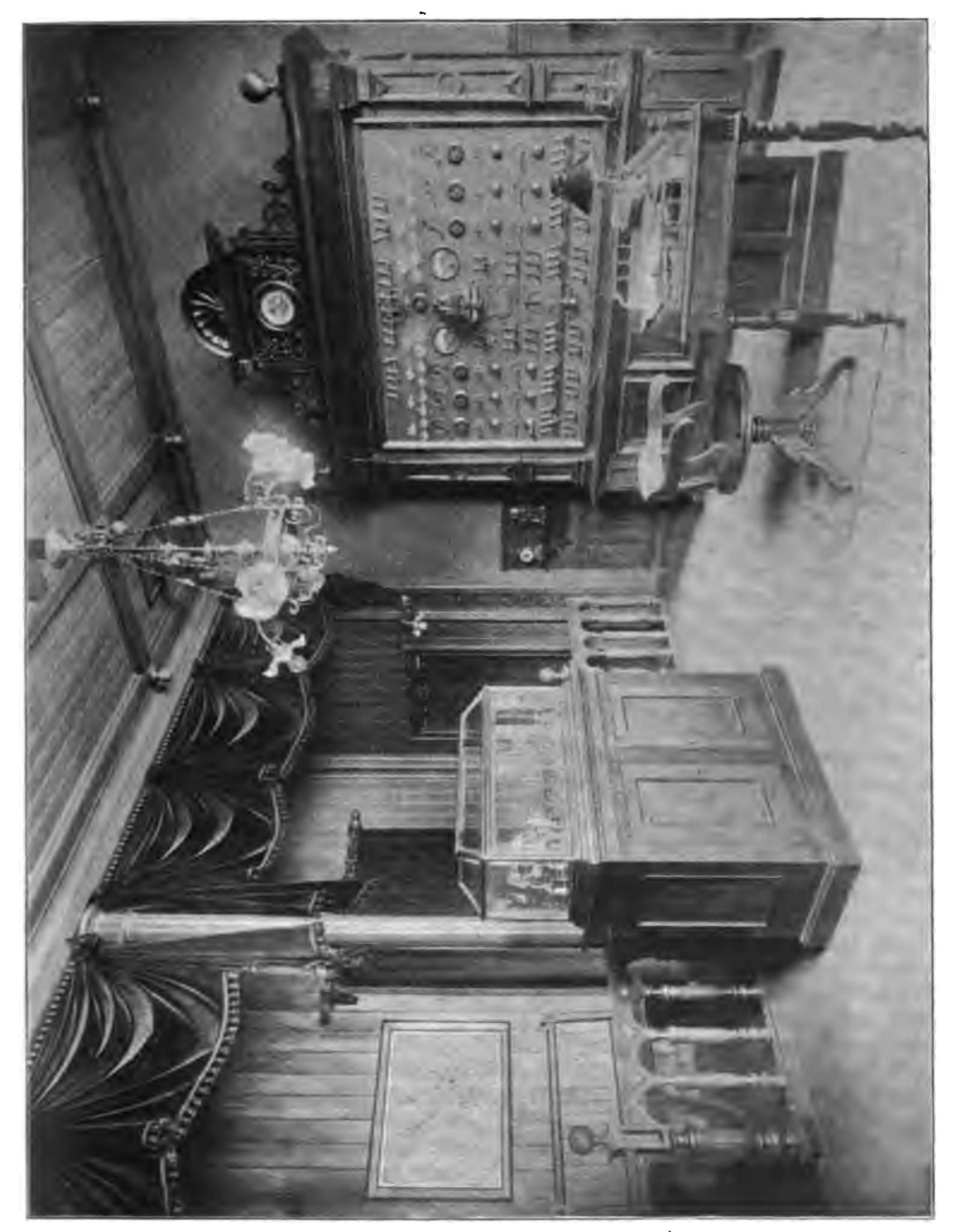
Feuertelegraphenzentrale der Stadt München für 12 Melderschleifen nach dem einfachen Morsesystem mit Akkumulatorenbetrieb. (Ausgeführt von der SIEMENS & HALSKE A.-G.)

Tafel VII.



Feuertelegraphenzentrale der Stadt Nishnij Nowgorod für 2 Melderschleifen nach dem Morsesystem mit Sicherheitsschaltung. (Ausgeführt von der A.-G. Mix & Genest.)

Tafel VIII.



Feuertelegraphenzentrale der Stadt Hannover für 6 Melderschleifen nach dem Gamewell-System mit Akkumulatorenbetrieb. (Ausgeführt von der Gamewell Co.)

Sachregister.

(Die Zahlen bedeuten die Seiten.)

Elektrische Eisenbahn-Signale und -Weichen

bearbeitet

von

H. Schwerin.

I. Einleitung.

Die Eisenbahnzüge folgen und begegnen sich auf den Bahnstrecken nach bestimmten Fahrplänen. Auf den Bahnhöfen bewegen sie sich auf vorher festgelegten Fahrstraßen. Zur Durchführung des danach eingerichteten Betriebes sind den Dienststellen und den Zügen Befehle zu übermitteln. Diese müssen auf mehr oder weniger große Entfernungen übertragen werden. Die Übertragung muß auf dem schnellsten Wege geschehen, damit die Befehle auch für die rasch fahrenden Züge so frühzeitig eintreffen, daß ihnen rechtzeitig nachgekommen werden kann. Sie müssen vollkommen sicher und unzweideutig übermittelt werden.

Da es sich nur um eine beschränkte Anzahl stets sich wiederholender Befehle handelt, so haben sich für sie kurze und einfache Zeichen herausgebildet, welche sich unter dem Namen Signale zusammenfassen lassen.

Sie werden entweder von Dienststelle zu Dienststelle — Zugmelde- und Zugfolgesignale — oder von einer Dienststelle oder der Bahnstrecke aus dem Zugpersonal — Strecken- und Bahnhofssignale — gegeben.

Für die ersteren, bei denen es sich meist um Übertragung auf Entfernungen von 1000 und mehr Meter handelt, kam bald nach Einführung eines geregelten Eisenbahnbetriebes kein anderes Übertragungsmittel, als der elektrische Strom in Frage. Bereits Ende der 30 er Jahre des vorigen Jahrhunderts wurde für diesen Zweck der elektrische Telegraph verwendet, der damit überhaupt seine erste umfangreiche Verwendung fand. Er wird hierfür noch heute vielfach in den auch für andere Zwecke gebräuchlichen Formen benutzt.

Daneben aber bildeten sich eigene, den besonderen Bedürfnissen angepaßte elektrische Apparate aus, welche nur zur Abgabe der für den Zugbetrieb erforderlichen Signale geeignet sind, diese aber mit der größten Zuverlässigkeit und Schnelligkeit zu befördern vermögen. Es sind dies die sogenannten elektrischen Blockapparate.

Neben diesen Signalen stehen als Zugmeldesignale noch elektrische Läutesignale in Anwendung. Sie werden durch Läutewerke auf den Bahnstrecken und den Bahnhöfen gegeben. Zur Betätigung der Läutewerke wird ebenfalls die Elektrizität herangezogen, indem durch sie die Läutewerke entweder unmittelbar angetrieben oder ihre Getriebe (Gewichte, Uhrwerke) ausgelöst werden.

Die Streckensignale dienen dazu, dem Zugpersonal — in erster Linie den Lokomotivführern — den Zustand der Strecken, die Bahnhofs-

signale, den Zustand der Fahrstraßen, welche sein Zug in den Bahnhöfen zu durchfahren hat, im voraus anzuzeigen. Sie sind im allgemeinen sichtbare[1]) Signale, die neben den Bahngleisen so aufgestellt sind, daß sie von dem Lokomotivführer gut gesehen werden können. Es haben sich für sie eine beschränkte Anzahl von Formen herausgebildet — die Eisenbahnsignale in engerem Sinne.

Lassen diese Signale sich infolge ungünstiger örtlicher Verhältnisse nicht so anordnen, daß sie rechtzeitg sichtbar werden, so werden vor ihnen Vorsignale aufgestellt, welche ihre Stellung an geeigneter Stelle wiederholen, ohne selbst Fahrten zu verbieten oder zu erlauben. Sie unterscheiden sich von den Strecken- und Bahnhofsignalen, den Hauptsignalen, durch Form und Farbe. Neuerdings werden sie in sehr ausgiebigem Maße fast zu jedem Hauptsignal hinzugefügt.

Die Haupt- und Vorsignale werden entweder selbsttätig durch den Zug hervorgerufen — selbsttätige Signale —, oder sie werden durch die Signal- oder Stellwerkswärter gegeben — nicht selbsttätige oder von Hand bediente Signale.

Während für die selbsttätigen Signale, welche ausschließlich als Streckensignale Verwendung finden, die Elektrizität in weitestem Umfange als Triebkraft verwendet wird, stehen für die von Hand bedienten Signale, wenigstens in Europa, noch meist mechanische Kraftübertragungsmittel in Anwendung, neben denen allerdings mehr und mehr andere Kräfte, an erster Stelle wieder die Elektrizität an Ausdehnung gewinnen.

In den nachfolgenden Abschnitten sollen nur die rein elektrischen Signale behandelt werden, bei denen also die Elektrizität als Triebkraft benutzt wird, nicht aber diejenigen, bei welchen andere Triebkräfte verwendet werden und die Elektrizität nur zu ihrer Auslösung oder Steuerung dient.

Die Bahnhofsignale stehen mit den übrigen auf den Bahnhöfen für den Betrieb vorhandenen Einrichtungen in enger Verbindung. Solche Betriebseinrichtungen sind die Weichen, welche die Überführung der Züge von einem Gleis auf ein anderes vermitteln, die Wegeschranken, welche über den Bahnhof führende öffentliche Wege bei herannahenden Zügen abschließen, die Sperrbäume, Gleissperren und dergleichen, welche die Gleise, von denen aus Eisenbahnfahrzeuge den signalisierten Zügen in die Flanke fahren könnten, absperren usw. Die Stellung der Signale ist von der Stellung dieser Betriebsvorrichtungen abhängig. Letztere werden daher, soweit es das Verständnis erfordert, mit zu behandeln sein und insbesondere ihre Stellvorrichtungen, soweit sie elektrisch sind, in den Kreis der Erörterungen gezogen werden.

II. Elektrische Streckensignale.

A. Allgemeines.

Das Bedürfnis zum Einstellen der Streckensignale anstatt der Menschenkraft motorische Kräfte zu verwenden, trat zuerst auf den nordamerikanischen

1) Außer den sichtbaren gibt es noch in geringem Umfange hörbare Streckensignale — Knallsignale, Hornsignale. Sie treten meist neben den ersteren als Ergänzungen für außergewöhnliche Fälle auf.

Bahnlinien auf. Auf den langen, unbewohnten Strecken machte es Schwierigkeit, Personal zur Bedienung der Signale zu finden. Man ging daher dort auf vielen Strecken schon verhältnismäßig früh, etwa im Jahr 1876, dazu über, die Signale ohne Vermittelung von Signalwärtern durch die Züge selbst zu stellen. Es entstanden die selbsttätigen Blocksysteme. Unter dem Einfluß der Züge gehen die Signale, je nachdem die Strecke, für welche sie gelten, frei oder noch von einem Zuge besetzt ist, in die Stellung „Strecke frei" (Fahrt erlaubt) oder „Strecke besetzt" (Fahrt verboten). Die erste Stellung wird als Fahrtstellung, die zweite als Haltstellung bezeichnet.

Für die Beeinflussung der Signale steht eine andere Kraft als die Elektrizität nicht zur Verfügung, da meist Entfernungen von Tausenden von Metern in Frage kommen. Um die Signale in Abhängigkeit von dem Zustand der Strecken zu bringen, genügen Ströme von geringer Spannung und Stromstärke, die aus einem einzigen oder einer geringen Anzahl von Primärelementen entnommen werden können, wenn zu der Hervorbringung der Signalbilder selbst andere größere Kräfte vorhanden sind. Für diese konnten bei der Einführung selbsttätiger Signale, nach dem damaligen Stande der Elektrotechnik höher gespannte elektrische Ströme noch nicht verwendet werden. Man benutzte daher zunächst Gewichte und später Preßluft, um die Signalbilder zu erzeugen und verwendete nur zur Auslösung dieser Kräfte elektrischen Strom. Die Frage der rein elektrischen Stellung der Signale wurde zuerst durch Hall dadurch zu lösen versucht, daß er durch Elektromagnete, welche durch schwache aus Batterien entnommene Ströme gespeist wurden, leichte Scheiben bewegte.

Inzwischen hatte sich in der ganzen Welt als deutlichstes und am weitesten sichtbares Signal das Flügel- oder Armsignal erwiesen, bei dem die Signalbilder durch einen an einem Mast in einer Höhe von sechs und mehr Metern drehbar gelagerten Flügel oder Arm aus Holz oder Eisen gegeben werden. Es wird dabei das Signal „Fahrt verboten" (Haltsignal) allgemein durch die wagerechte Lage des Flügels und das Signal „Fahrt erlaubt" (Fahrtsignal) durch die um etwa 45° nach oben oder unten gegen die Wagerechte geneigte Flügellage ausgedrückt. Für die Bewegung dieser Signalflügel genügt ein elektromagnetischer Antrieb mit schwacher Batterie nicht mehr. Die Beschaffung und Vorhaltung stärkerer Ströme stieß auf Schwierigkeiten und wurde unwirtschaftlich. Die weitere Einführung rein elektrischer Signale verzögerte sich daher, bis man in der Lage war, geignete Elektromotore für geringe Spannung und mit geringem Strombedarf zu bauen.

Erst gegen Ende der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts tauchen Streckensignale mit Elektromotorantrieb auf, um allmählich an die erste Stelle unter den sonst noch gebräuchlichen, selbsttätigen Signalen zu treten.

Im folgenden sollen einige der interessantesten und charakteristischsten Typen dieser Signale behandelt werden, ohne daß dabei alle Konstruktionen, welche vorgeschlagen und versucht sind, besprochen werden.

B. Hall-Scheibensignal.

Die älteste Form elektrischer Signale ist das in Amerika weitverbreitete Scheibensignal (disc signal) von Hall. Es besteht aus einem kreisförmigen

Rahmen, über welchen buntes Seidenzeug — rotes für Haupt-, grünes für Vorsignale — gespannt ist. Die so hergestellte Scheibe *D* (Fig. 1) von etwa 460 mm Durchmesser ist an dem Anker *L* eines Elektromagneten mit den Polen *S* und *T* befestigt. Der Anker dreht sich mit seiner Achse *W* in dem Lagerstück *A*. Gegenüber der Scheibe ist an einer Stange *C* ein Gegengewicht angebracht. Bei stromlosen Elektromagneten hängt die Scheibe in-

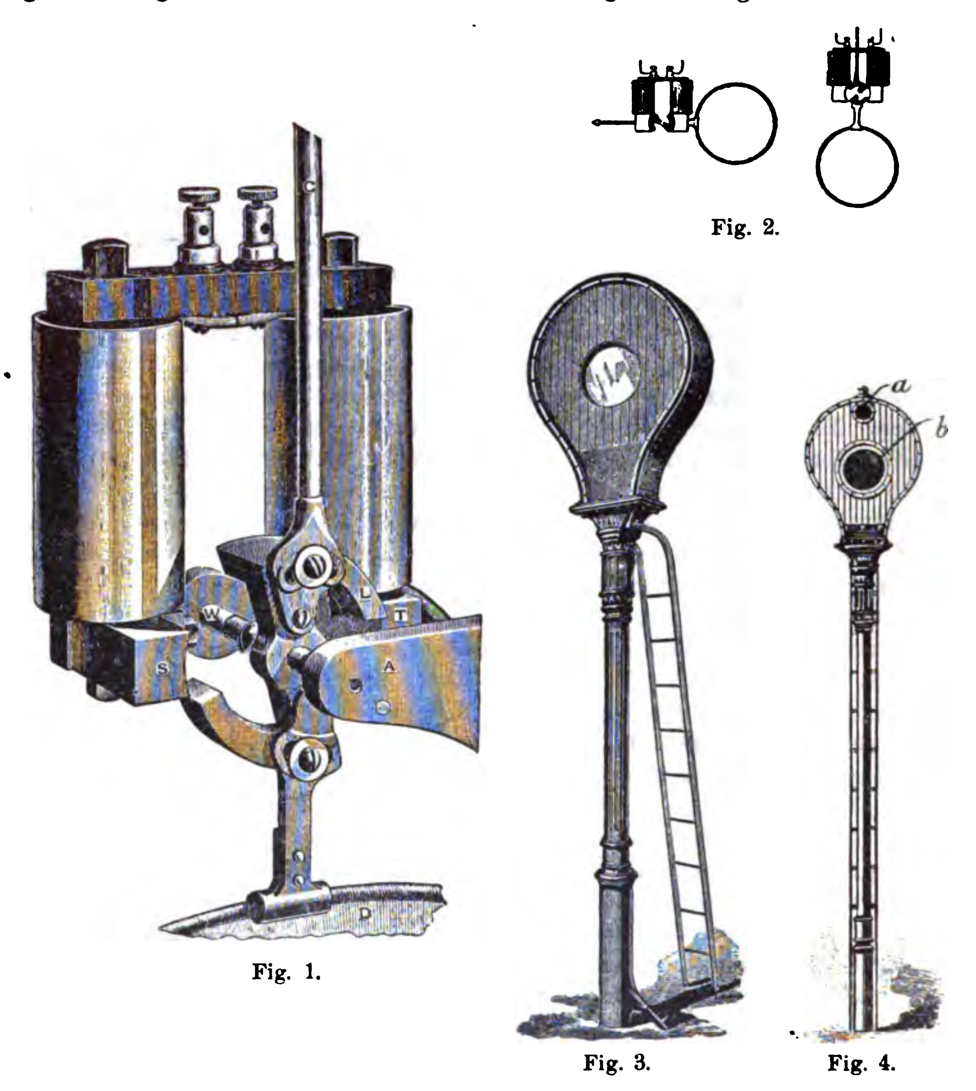


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

folge ihres Eigengewichtes nach abwärts. Erhält der Elektromagnet Strom und zieht er seinen Anker an, so steht die Scheibe wagerecht (s. Fig. 2).

Die senkrechte Stellung der Scheibe bedeutet „Fahrt erlaubt“, die wagerechte „Fahrt verboten“. Der Elektromagnet mit der Scheibe ist in einem Gehäuse aus Holz oder Eisen auf einem eisernen Pfosten eingeschlossen (Fig. 3). In der Vorderseite des Gehäuses ist eine durch eine Glasscheibe abgeschlossene Öffnung, hinter der bei angezogenem Anker die Scheibe erscheint (rot: Fahrt verboten — am Hauptsignal, grün: Hauptsignal in Haltstellung — am Vorsignal). Gegenüber der Öffnung ist an der Innenseite der

Rückwand des Gehäuses ein weißer Reflektor angebracht, welcher bei abgefallener Scheibe durch die Öffnung sichtbar ist (weiß: Fahrt erlaubt oder

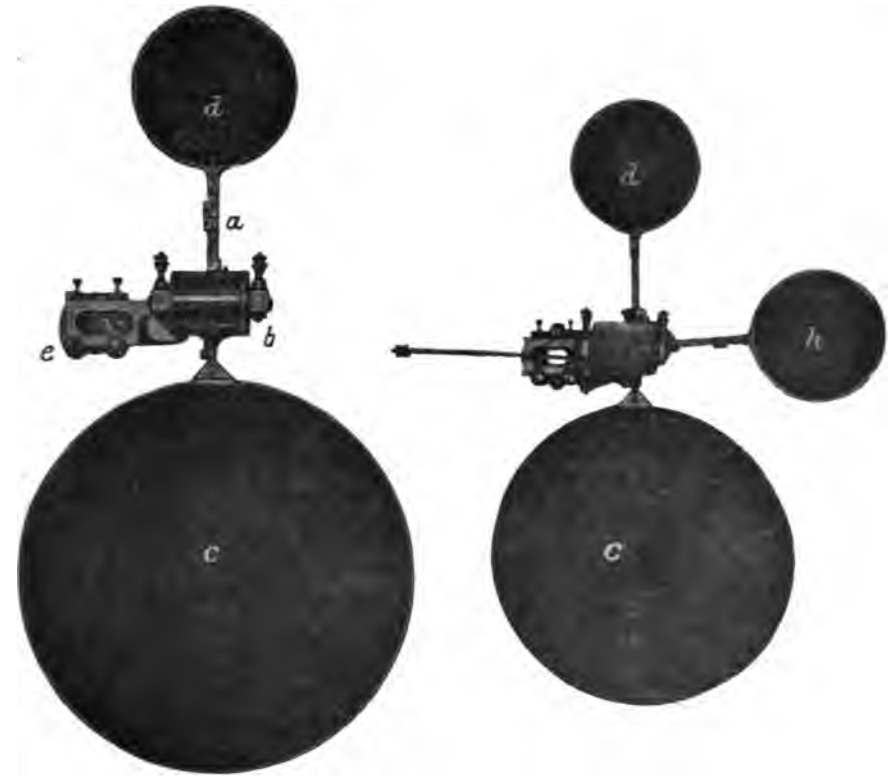


Fig. 5. Fig. 6.

Hauptsignal in der Fahrtstellung). Zwischen Reflektor und Scheibe wird bei Dunkelheit eine Lampe eingesetzt, welche die rotseidene Scheibe von hinten beleuchtet. Um die Signalfarben deutlich sichtbar zu machen, ist das Gehäuse im Innern dunkel gestrichen.

Die Signalgebung erfolgt durch Schließen eines Kontaktes in dem Stromkreis des Elektromagneten.



Fig. 7.

In neuerer Zeit werden die Hall-schen Scheibensignale in etwas abweichender Form gebaut. Das Nachtsignal ist von dem Tagsignal getrennt angeordnet. In Fig. 4 ist *a* das Nachtsignal, *b* das Tagsignal. Anstelle des Gegengewichtes für die Scheibe nach Fig. 2 ist eine Glasblende angebracht, welche bei angezogenem Anker des Elektromagneten vor die obere Öffnung tritt und die dort befestigte Lampe rot abblendet (Fig. 5).

Für den Fall, daß bei Dunkelheit das Signal Fahrt erlaubt, nicht durch weißes, sondern durch grünes Licht gegeben werden soll, sind zwei Blenden (Fig. 6) — eine rote *d* und eine grüne *h* vorhanden. Die Gewichte der Blenden und der Scheibe, die bisweilen aus Aluminium hergestellt wird, sind so gewählt, daß bei nicht erregtem Elektromagneten die Scheibe *c* und die Blende *d* sich mit Sicherheit in die senkrechte Stellung stellen.

Fig. 7 läßt das Innere des Signalgehäuses erkennen. Der Elektromagnet *e* ist an einer Zwischenwand befestigt. Auf einer Klappe der Rückwand befindet sich der weiße Reflektor mit einer kleinen Öffnung in der Mitte. An dem Halter *g* wird die Lampe eingehängt.

C. Union-Scheibensignal.

Wenig verschieden von dem Hallschen Scheibensignal ist das von der Union Switch and Signal Co. Fig. 8. Ein besonderes Nachtsignal ist nicht vorgesehen. Die Beleuchtung der Signalscheibe geschieht durch eine an der Rückwand des Gehäuses angebrachte Lampe. Der Elektromagnet zum Bewegen der Scheibe ist ebenfalls außerhalb des Gehäuses angeordnet und läßt sich ohne das letztere zu öffnen, leicht abnehmen, so daß Ausbesserungen an ihm bequem vorzunehmen sind.

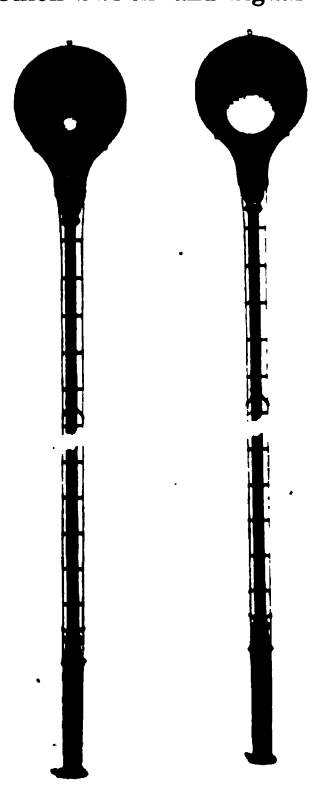


Fig. 8.

Die in geschlossenen Gehäusen befindlichen Scheibensignale haben vor Signalen anderer Bauart den Vorzug, daß die aufzuwendende Energie für ihre Betätigung eine äußerst geringe ist, da sämtliche Teile sehr leicht gehalten sind und Sturm, Schnee und Regen ihre Bewegungsfähigkeit nicht beeinflussen können. Eine Batterie von nur wenigen der üblichen Primärelementen genügt für den Betrieb eines Signals. Den hiermit verbundenen Vorteilen steht jedoch gegenüber den Flügelsignalen (Semaphoren) der erhebliche Nachteil gegenüber, daß die Sichtbarkeit des Signalbildes eine nur beschränkte ist. Die Farben der etwa 3 bis 4 m hohen Scheibensignale geben ein weit weniger charakteristisches Signalbild, als die großen Flügel und Scheiben jener bedeutend höheren Signale. Die ebenfalls versuchte Anwendung eines Signalflügels in dem Gehäuse anstelle der Signalscheibe hilft hierbei nur wenig, da der Flügel bei der zur Verfügung stehenden geringen Energie und aus konstruktiven Rücksichten nur sehr klein ausfallen kann. Die Erkennbarkeit der Signalfarbe wird noch weiter durch Spiegelung der Glasscheibe des Gehäuses und durch einfallende Sonnenstrahlen vermindert. Bei Schnee- und Regenwetter ist in den meisten Fällen die Farbe überhaupt nicht zu sehen und ebensowenig, wenn Tau oder Reif sich auf der Glasscheibe absetzt. Wenn trotz dieses sehr bedenklichen Fehlers der schlechten

Sichtbarkeit, der nach europäischen Begriffen die Verwendbarkeit der Signale von vornherein ausschließt, in Amerika bis in die neueste Zeit die HALL- und UNION-Signale große Verbreitung gefunden haben, so erklärt sich dieser Umstand nur daraus, daß die amerikanischen Bahnen aus Mangel an geeignetem Wärterpersonal gezwungen waren und noch sind, auf vielen Bahnlinien selbsttätige Signale für die Strecken zu verwenden, trotzdem für ihre Betätigung nur schwache Stromquellen aufgestellt werden können.

Seit dem Jahre 1893 hat sich jedoch auch die HALL-Gesellschaft veranlaßt gesehen, anstelle der eingeschlossenen Scheibensignale, Flügelsignale mit Elektromotorantrieb für die Streckenblockung einzuführen, zunächst allerdings ohne rechten Erfolg. Die ausgedehnte Verwendung elektrischen Stromes für die verschiedenen Bedürfnisse der Eisenbahnen und vor allem die Fortschritte im Bau kleiner Elektromotoren ermöglichten diesen Schritt. Genügend kräftige Motoren mit Primärbatterien von etwa 10 bis 12 Volt Spannung, welche sich noch genügend leicht unterbringen und instandhalten lassen, zu schaffen, machte aber große Schwierigkeiten trotz ausgiebiger Verwendung von Kugellagern und leichten Bau aller Teile. Es entstanden daher nacheinander zahlreiche Typen der HALL-Motorsignale. Eine weitverbreitete, auch in Europa versuchte Type, bei welcher durch den Motor ein Drahtseil aufgewunden wird, an welchem der Signalflügel hängt, schließt sich eng an das nachbeschriebene älteste amerikanische Motorsignal von LATTIG an, welches auch weiter für eine Reihe anderer Signale vorbildlich gewesen ist.

D. Lattig-Signal.

Bei dem LATTIG-Signal (Fig. 9) dreht ein kleiner Hauptstrommotor M in Gußeisenform von etwa $^1/_8$ PS über ein doppeltes Zahnrädervorgelege eine Seilrolle D und wickelt dabei ein zu dem Signalflügel gehendes Draht-

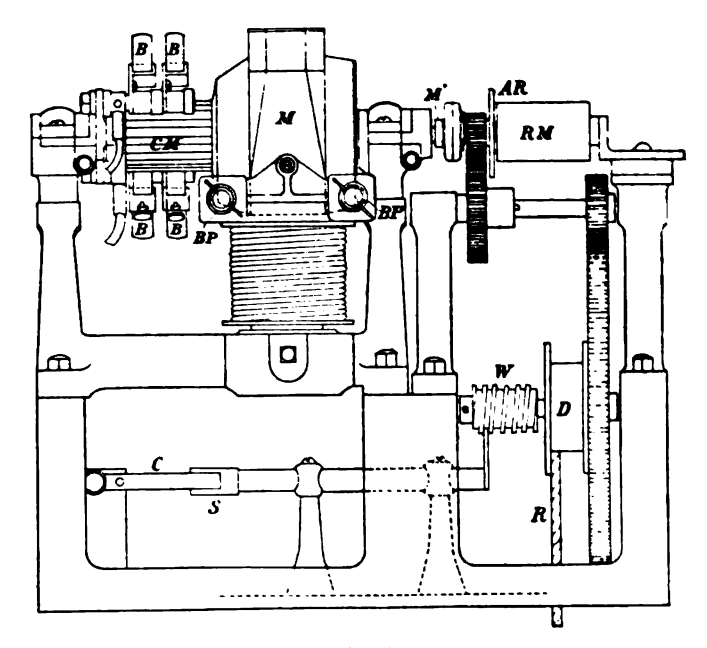


Fig. 9.

seil *R* auf, wodurch der Flügel auf Fahrt gezogen wird. In der Fahrtstellung wird der Motorstrom durch den Kontakt *CS*, welcher seine Bewegung von einer auf der Seilrollenachse befestigten Schraube *W* erhält, vom Motor abgeschaltet und gleichzeitig dem Elektromagneten *RM* zugeführt. Dieser zieht seinen Anker an, welcher mit dem auf der Motorwelle längsverschieblichen Zahnrad der Räderübersetzung fest verbunden ist, bremst den Antrieb und hält ihn in der Fahrtstellung. Durch Unterbrechen des Stromes wird der Elektromagnet stromlos und der Signalflügel fällt unter Gewichtswirkung selbsttätig in die Haltlage zurück. Hierbei dreht er das ganze Getriebe einschließlich des Motors rückwärts. Der Motor wird dabei kurz geschlossen. Durch die Kurzschließung wird einerseits eine kräftige Bremswirkung erzielt und andererseits ein Strom erzeugt, welcher zu einer Rückmeldung der vollzogenen Haltstellung des Signals benutzt wird.

Der Motorstrom wird einer Edison-Lalande-Batterie von 8 bis 12 Zellen entnommen. Zur Fahrtstellung braucht der Motor 2 bis 3 Sekunden.

Das Signal wird, wie beschrieben, gleich sämtlichen amerikanischen und englischen Signalen, durch elektrischen Strom zwangläufig nur in die Fahrtstellung gebracht, während die Haltstellung allein durch Gewichtswirkung herbeigeführt wird. Hierin liegt eine erhebliche Betriebsunsicherheit, da gerade das für die Betriebssicherheit wichtigste Signal „Fahrt verboten" der notwendigen Zwangläufigkeit entbehrt.

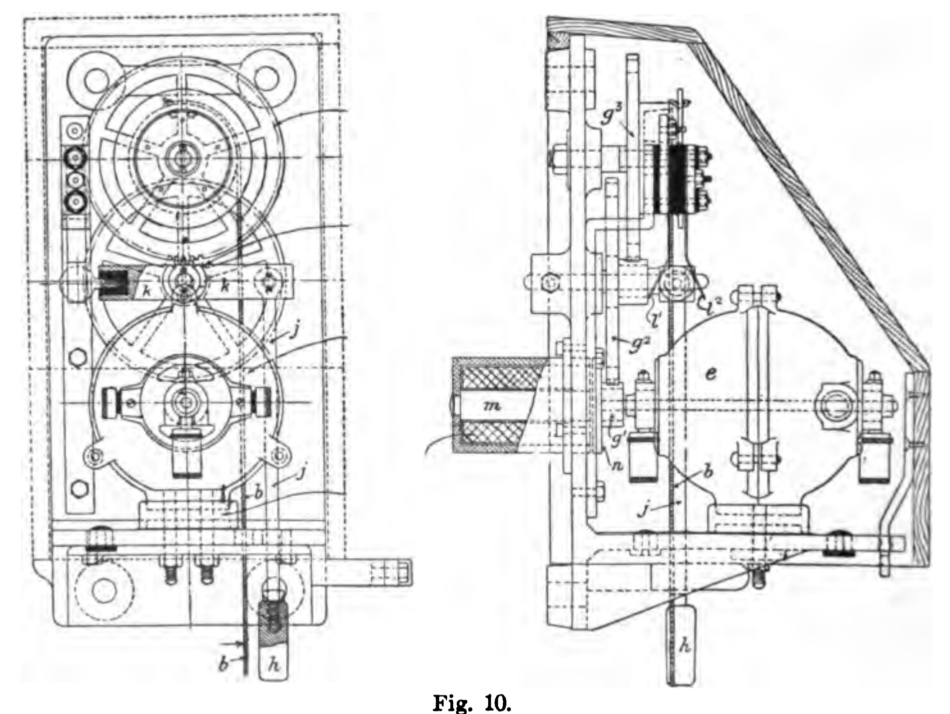


Fig. 10.

E. Sykes-Signal.

Eine neuere Ausführung eines Signalantriebes nach der vorbeschriebenen Bauart ist der von Sykes in England angewendete Antrieb (Fig. 10).[1])

[1]) Das Sykes-Signal wird zwar unter besonderen Verhältnissen als Bahnhofsignal verwendet. Es entspricht aber vollkommen dem vorbeschriebenen Streckensignal und

Ein Motor e von etwa $^{1}/_{30}$ PS treibt über ein doppeltes Vorgelege eine Seiltrommel an, an welcher ein Stahldrahtseil b mit seinem einen Ende befestigt ist. Mit seinem anderen Ende ist es in die Schelle c an der zu dem Signalflügel führenden Stange d (Fig. 11) eingehängt. Für die Fahrstellung des Signales windet der Motor das Seil auf und bewegt dadurch den Signalflügel um 45° nach abwärts. Ist dies geschehen, so stößt die Schelle c gegen ein Gewicht h an einer Stange j im Antrieb und verdreht dadurch einen Kontakthebel k. Dieser trägt an seinem einen Ende eine Metallkugel, welche bis zum Anschlagen von c an h zwei Kontaktfedern l_1 und l_2 miteinander metallisch verbunden hat. Über diese Federn ist der Motorstrom geführt. Durch die Verdrehung des Kontakthebels k wird die Verbindung der beiden Federn aufgehoben, der Motor von der Stromquelle abgeschnitten und ein Bremsmagnet m von hohem Widerstand erregt. Sein Anker n ist mit dem auf der Motorachse längsverschieblichen Zahnrad g' fest verbunden. Der Motor mit dem Zahngetriebe und dem Kontakt ist auf einem gußeisernen Konsol befestigt, das an dem Signalmast angeschraubt wird (vgl. Fig. 11).

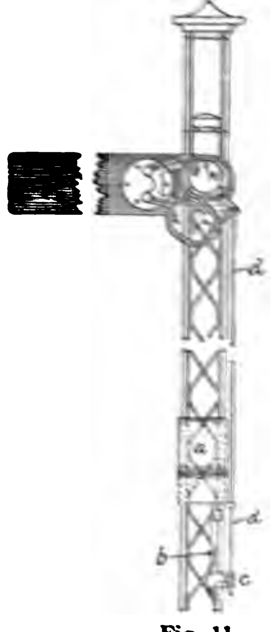


Fig. 11.

F. Timmis-Signal.

Eins der ersten in Europa in ständigen Betrieb genommenen elektrischen Signale ist das Timmis-Signal, welches zuerst im Jahre 1893 auf der Liverpooler Hochbahn Verwendung gefunden hat.

Für den Antrieb wird ein geschlossener Topfmagnet mit langem Hub benutzt (Fig. 12). Sein Magnetkern ist auf einer gußeisernen Grundplatte befestigt. Er ist an seinem freien Ende trichterförmig ausgehöhlt. In diese Höhlung greift ein konisch auslaufender Bolzen ein, der in die Ankerplatte eingeschraubt ist. Ein gußeiserner zylindrischer Schutzmantel, welcher ebenfalls mit dem Anker verschraubt ist, umgibt die Schenkelwickelung. Mit dem Bolzen am Anker ist eine Stange verbunden, die unmittelbar zum Signalflügel führt. Der Durchmesser der Magnetspulen beträgt etwa 120 mm, ihre Länge 210 mm, der Hub beträgt etwa 50 mm. [1])

Von dem Gestänge wird ein oberhalb des Magneten angebrachter Kontakt gesteuert, durch welchen bei Erreichen der Fahrtstellung des Signalflügels ein Widerstand in die Leitung zu dem Magneten eingeschaltet wird. Der Widerstand dient dazu, den Strom, in welchem der Elektromagnet liegt, auf den zum Festhalten des Flügels nur erforderlichen geringen Bruchteil (etwa $^{1}/_{20}$) der zur Fahrtstellung des Signales benötigten Stromstärke herabzudrosseln. Einzelheiten des Antriebes sind aus Fig. 13 ersichtlich. a ist der

---

wird auch mit Strömen von geringer Spannung und Stärke betrieben, so daß es zweckmäßig an dieser Stelle behandelt wird.

[1]) Der Magnet ist mit eingezogenem Anker dargestellt, während die Lage des Signalgestänges der abgefallenen Ankerstellung entspricht.

Kontakthebel, *b* die Signalstange, *c* die Kontaktbürste, *d* sind die Kontaktstücke.

Der ganze Antrieb wird in ein Blechgehäuse eingeschlossen an dem Signal angebracht.

Der Stromverbrauch für das Ziehen eines Signalflügels wird zu 5 Ampere bei 40 Volt angegeben. Nach den Erfahrungen, die man an anderen Stellen gemacht hat, ist dieser Energieverbrauch nur bei ganz außergewöhnlich leichten Flügeln ausreichend. Auf der Liverpooler Hochbahn wurde daher auch wenigstens in den ersten Zeiten ein Strom von 15 Ampere verwendet. Bei

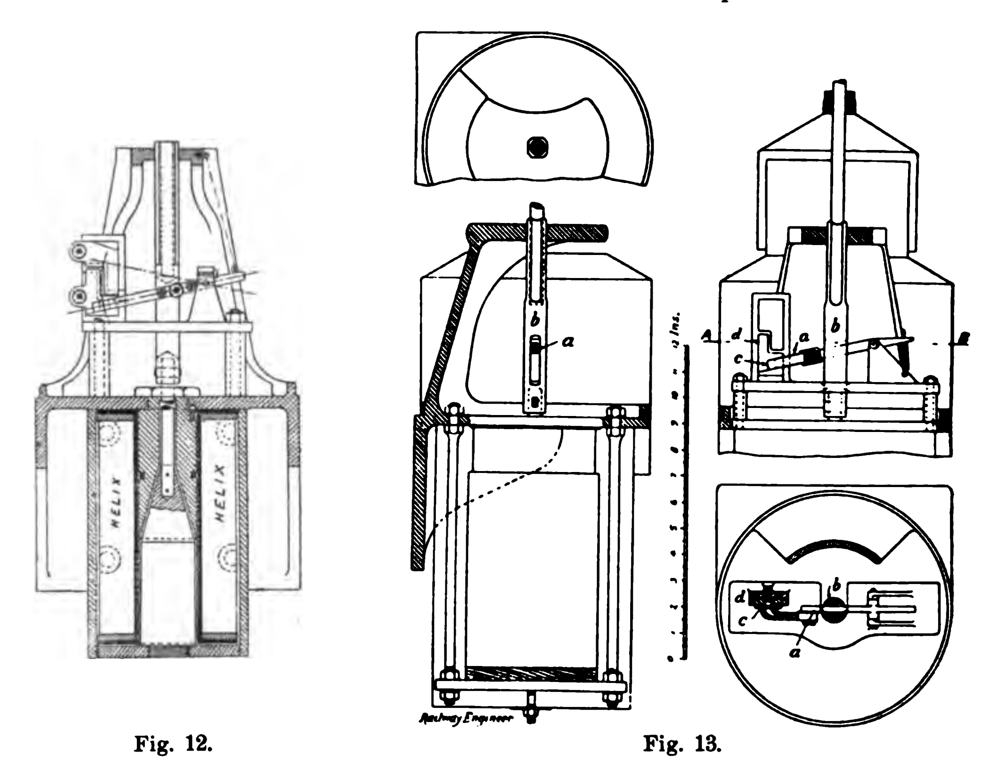


Fig. 12. Fig. 13.

den üblichen Signalen wird man unter 1 KW zum Stellen eines Flügels nicht heruntergehen können, wenn man die nötige Betriebssicherheit erreichen will.

Der unmittelbare elektromagnetische Signalantrieb macht durch seine äußere Einfachheit und scheinbare Billigkeit in der Herstellung zunächst einen sehr bestechenden Eindruck gegenüber dem Motorantrieb. Um aber die nötige Zugkraft zu erhalten, müssen Magnetspulen von ganz außergewöhnlich großen Abmessungen verwendet werden, die eine sehr große Menge Kupferdraht verbrauchen. Bei den hohen Stromstärken müssen die Kontakte sehr sorgfältig und mit großen Flächen ausgebildet werden. Da für die Magnete ein nur kurzer Hub in Frage kommen kann, um nicht einen zu hohen Energieverbrauch zu erhalten, so ist die erforderliche Übersetzung zwischen Antrieb und Flügel ungünstig. Die gleichen Leistungen lassen sich mit sehr kleinen normalen Motoren und Räderübersetzung mit nur sehr geringem Energieverbrauch erreichen, weshalb im allgemeinen der Motorantrieb stets vorzuziehen sein wird.

Zu beachten ist, daß die zwangläufige Bewegung des Signalflügels sowohl

in die Fahrt- wie in die Haltstellung **zwei Elektromagnete** anstelle des **einen Motors** verlangt und daß für die gleichzeitige Bewegung von mehreren Flügeln derartige Antriebe überhaupt nicht verwendet werden. Es

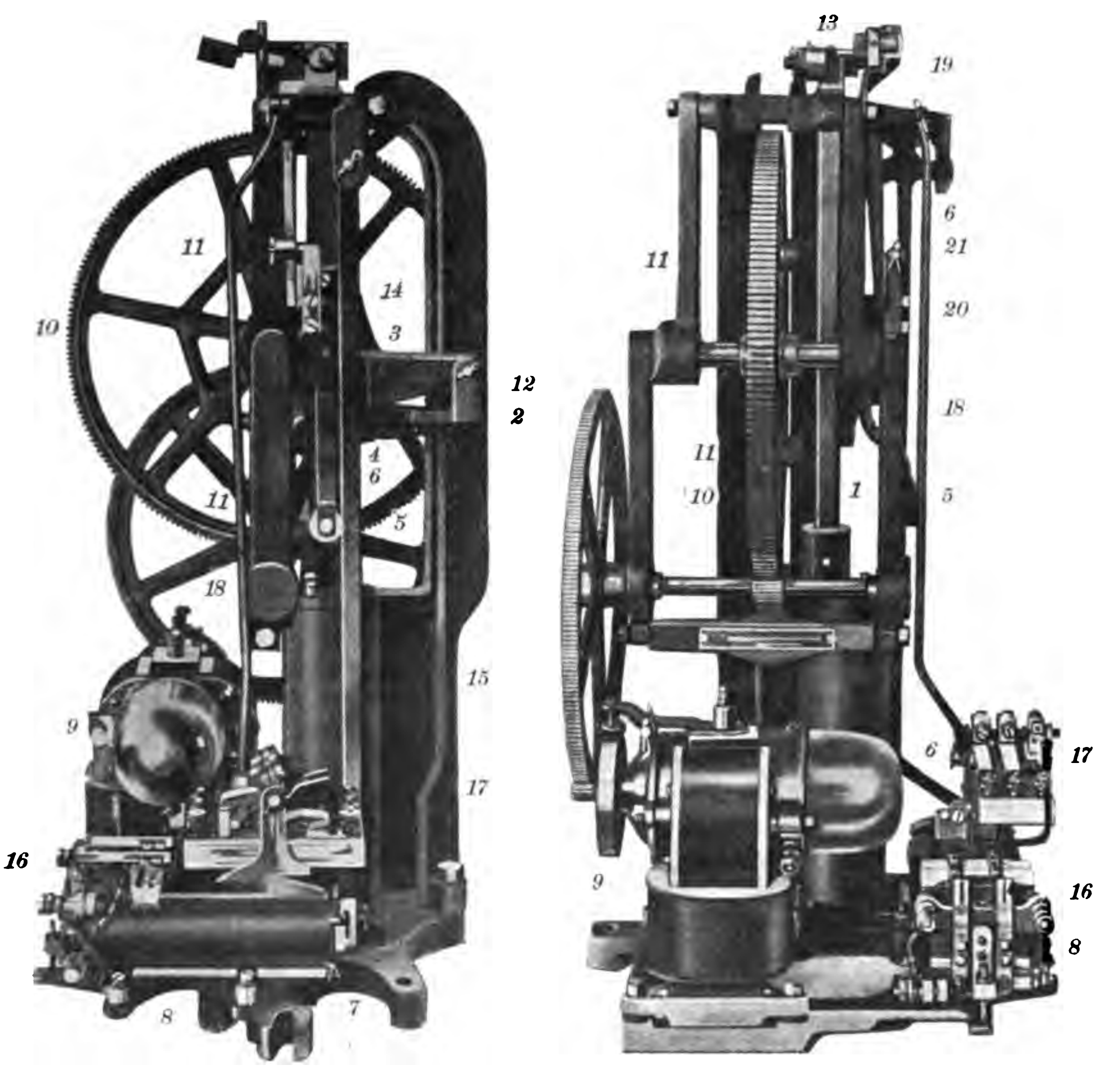


Fig. 14.

würden sich dabei ein so hoher Energieverbrauch und derartige Abmessungen der Elektromagnete ergeben, welche weder billige noch einfache Konstruktionen ermöglichen.

Es kann daher auch überall die Beobachtung gemacht werden, daß anfänglich gewählte Elektromagnetantriebe durch Motorantriebe ersetzt sind, obwohl gerade der Timmis-Antrieb zahlreiche Nachbildungen gefunden hat.

G. Hall-Motorsignal (neue Bauart).

Die neueste Form der elektrischen Streckensignale der Hall-Gesellschaft (Fig. 14), welche aus dem Jahre 1905 stammt, unterscheidet sich wesentlich von den früheren von dieser Gesellschaft gebauten Signalen.

In dem gußeisernen Signalgestell ist eine stählerne Antriebstange *1* senkrecht geführt. An ihr ist ein Konsol *2* angeschraubt. In dem Konsol drehbar gelagert sind zwei Hebel *3* und *4*, von denen der erste, der Antriebhebel, mit einer Nase unter einer Knagge des zweiten, des Mitnehmerhebels, liegt. Der Mitnehmerhebel stützt sich unter Federdruck mit einer Rolle *5* gegen eine Stange *6*, an deren unterem Ende sich ein Magnetanker *7* befindet. Der zugehörige Elektromagnet *8* — Kuppelmagnet — ist auf dem Gestell befestigt. Ein Motor *9* treibt über ein Vorgelege ein großes Zahnrad *10* an, auf dessen Speichen Mitnehmerrollen *11* sitzen.

Bei einer Drehung des Zahnrades stößt eine der Rollen gegen den Antriebhebel und sucht ihn um seinen Drehpunkt *12* zu drehen. Der Hebel drückt dabei mit seiner Knagge gegen den Mitnehmerhebel und dieser gegen den Ankerhebel *6*. Wird der Anker infolge Erregung des Magneten an dessen Pol festgehalten, so ist hierdurch eine Verdrehung des Hebelsystems verhindert und die Mitnehmerrolle nimmt den Antriebhebel und die Antriebstange nach aufwärts. Das am oberen Ende dieser Stange an der Kurbel *13* angelenkte Signalgestänge wird ebenfalls nach aufwärts bewegt und bringt den Signalflügel in die Fahrtstellung.

Ist beim Zusammentreffen der Mitnehmerrolle mit dem Antriebhebel der Elektromagnet stromlos, so dreht der Mitnehmerhebel den Ankerhebel um seinen Drehpunkt *14* beiseite. Die Mitnehmerknaggen gleiten voneinander ab und der Antriebhebel dreht sich, die Antriebstange bleibt stehen und bewegt den Signalflügel nicht.

In der Fahrtstellung des Flügels setzt sich der Antriebhebel auf einen Knaggen an dem Ankerhebel auf und bleibt in dieser Stellung, solange der Magnet Strom hat. Wird der Strom unterbrochen, so fällt die Antriebstange mit dem Signalgestänge von selbst nach abwärts in die Grundstellung. Der Stoß der herabfallenden Teile wird dadurch gemildert, daß die untere Führung *15* der Antriebstange im Gestell als Luftpuffer ausgebildet ist.

Die Schaltung für den Betrieb dieser Signale wird in der Weise ausgeführt, daß durch Schließen eines Kontaktes der Stromkreis einer Batterie über den Kuppelelektromagneten geschlossen wird. Der Elektromagnet schließt einen Kontakt *16* und dadurch den Motorstromkreis. Der Motor läuft und schaltet sich nach Erreichung der Fahrtstellung durch Öffnen eines weiteren Kontaktes *17* selbst wieder ab, der Strom des Elektromagneten bleibt noch bestehen.

Der Kontakt für das Schließen des Motorstromes befindet sich am vorderen Teil des Kuppelmagneten, der Abschaltekontakt am Fuße des Gestelles. Der Abschaltekontakt erhält seinen Antrieb durch eine Stange *18*, welche an einen Winkelhebel *19* am oberen Teil des Gestelles angreift. Ein an dem Konsol der Antriebstange befestigter Hebel *20* stößt mit einer Rolle *21* kurz vor Erreichen seiner höchsten Lage gegen den Winkelhebel und steuert den Kontakt um.

Fällt die Antriebstange herab, so drückt die Rolle den Hebel und damit auch den Steuerschalter wieder in seine Grundstellung.

Der Motor ist ein Hauptstrommotor mit Hufeisenmagnetgestell. Er ist für eine Spannung von 10 bis 12 Volt gewickelt und braucht für eine Signalstellung etwa 1·8 Ampere während 15 Sekunden. Der Anker und der Kommutator sind zum Schutz gegen Staub und Feuchtigkeit vollständig eingekapselt und zwar der letztere durch eine Glashaube zur besseren Beobach-

tung im Betrieb. Für den Kuppelmagneten ist ein Strom von nur 0·01 Ampere erforderlich. Der Strom wird Primärelementen oder Akkumulatoren entnommen.

Der Ausbildung des Antriebes sind die Erfahrungen, die durch zahlreiche Ausführungen der letzten Jahre gemacht sind, zugut gekommen. Er macht im ganzen einen zuverlässigen Eindruck, wenn auch die den amerikanischen Konstruktionen im allgemeinen eigenen zwanglosen Formen auch bei ihm besonders hervortreten.

Außer den vorbeschriebenen elektrischen Signalantrieben, welche ausschließlich oder hauptsächlich für Streckensignale konstruiert sind, finden auch die in den nachfolgenden Abschnitten beschriebenen elektrischen Signale für den gleichen Zweck Verwendung.

III. Elektrische Bahnhofsignale und Weichen.

A. Allgemeines.

Während die Einführung elektrischer Streckensignale für selbsttätige Streckenblockung in den Eisenbahnbetrieb verhältnismäßig geringe Schwierigkeiten machte, weil bei einer Beeinflussung der Signale durch die Züge die Anwendung mechanischer Übertragungsmittel bei den vorkommenden Entfernungen überhaupt nicht in Frage kommen konnte, vermochte der elektrische Betrieb für die Bahnhofsignale nur langsam in der Praxis Eingang zu finden.

Die Bahnhofsignale signalisieren die Fahrten der Züge auf den Bahnhöfen. Um diese Zugfahrten zu regeln, sind Beamte auf den Bahnhöfen erforderlich, die den ganzen Bahnhof oder einzelne Bezirke desselben zu überblicken in der Lage sind. Entweder werden nun die Signale an ihrem Standort ohne Benutzung besonderer Fernübertragungsmittel gestellt — was zurzeit allerdings nur noch ausnahmsweise geschieht — oder sie werden innerhalb der einzelnen Bahnhofbezirke — Stellwerkbezirke genannt — von einem Punkt aus bedient. Auch in letzterem Falle pflegt es sich um verhältnismäßig nicht große Entfernungen zu handeln.

Es fehlt also für die Bahnhofsignale weder an Personal zum Einstellen der Signale, noch stehen der Verwendung der zuerst für diesen Zweck eingeführten Kraftübertragungsmittel — Gestängeleitungen und Stahldrahtzüge — im allgemeinen ungewöhnliche Hindernisse entgegen.

Das mit dem wachsenden Verkehr sich steigernde Bedürfnis nach örtlicher Zusammenfassung der Stellzeuge für die Signale eines Stellwerkbezirkes hatte zudem für die mechanische Kraftübertragung Konstruktionen geschaffen, welche durch jahrzehntelange Erfahrung schon weit entwickelt waren, als andere Übertragungsmittel — zunächst Druckwasser, dann Preßluft, später elektrischer Strom — mit ihnen in Wettbewerb traten.

Erheblichere Schwierigkeiten für die mechanische Signalstellung ergaben sich erst, als infolge des sich mehr und mehr steigernden Verkehrs und der fortschreitenden Erhöhung der Zuggeschwindigkeiten die Signale auf den Bahnhöfen nicht nur zahlreicher, sondern auch immer weiter von dem Standort des Signalstellers verschoben wurden. Die hierdurch bedingten höheren Ansprüche an die Leistungsfähigkeit des Bedienungspersonals und der Über-

tragungsmittel hätten jedoch wohl kaum allein zur Einführung kraftgestellter Signale in erheblichem Umfange geführt und sie vielleicht nur auf Einzelfälle beschränkt, wenn ihre Verwendung nicht besondere Vorteile für die Erhöhung der Betriebssicherheit mit sich brächte. Bei den Bahnhofsignalen handelt es sich nämlich nicht allein darum, ihre das Signalzeichen gebenden Flügel, Arme oder Scheiben aus mehr oder weniger großen Entfernungen zu bewegen, sondern es ist von ganz wesentlicher Bedeutung, sie in unbedingt zuverlässiger Weise in Zusammenhang mit den übrigen auf dem Bahnhof vorhandenen Betriebsvorrichtungen, — Weichen, Wegeschranken, Gleissperren usw.,[1]) — zu bringen. Diese liegen entweder, wie es meist bei den Weichen der Fall ist, in den Fahrstraßen selbst und werden von den Zügen befahren, oder sie halten den übrigen Verkehr während einer Zugfahrt von der Fahrstraße fern. In jedem Falle müssen sie, soweit sie zu einer Fahrstraße gehören, eine bestimmte Stellung einnehmen und in ihr festgehalten sein, bevor das für die Fahrstraße geltende Fahrtsignal erscheinen darf, damit die Zugfahrt ungefährdet von statten gehen kann; denn das Fahrtsignal bedeutet, daß die Fahrstraße unbesetzt und die Fahrt erlaubt ist. Es sind also Vorkehrungen zu treffen, daß ein Signal nicht früher auf Fahrt gestellt wird, als die zu ihm gehörigen Betriebsvorrichtungen richtig eingestellt sind oder, wie der übliche Ausdruck lautet, als bis die Fahrstraße eingestellt ist, und es muß weiter ausgeschlossen werden, daß bei irgendeiner Veränderung der Fahrstraße das Signal auf Fahrt stehen bleibt.

Die Erfüllung dieser Bedingungen verlangt, daß die das Fahrtsignal gebenden Signalflügel in solcher Abhängigkeit von der Lage der Weichen und der anderen Betriebsvorrichtungen gebracht werden, daß sie nur in einer ganz bestimmten Stellung derselben in die Fahrtlage gestellt und in ihr gehalten werden können. Namentlich aus der letzten Forderung ergeben sich für mechanische Stellung der Signalflügel ganz unmögliche Ausführungen.

Man hat daher auch nur in ganz seltenen Fällen bei mechanischen Anlagen die Signalflügel unmittelbar von der Lage der Weichen usw. abhängig zu machen versucht und begnügt sich damit, nur die für das Einstellen der Signalflügel und das Bewegen oder Verriegeln der Weichen usw. vorhandenen Stellzeuge in gegenseitige Abhängigkeit zu bringen. Es wurde dies dadurch ermöglicht oder mindestens erleichtert, daß seit längerem auf Bahnhöfen mit einigermaßen regem Verkehr wie die Signale, so auch die übrigen Betriebsvorrichtungen eines Stellwerkbezirkes von einem Punkte aus — naturgemäß von dem Standorte des Signalstellers — bewegt und verriegelt werden. Dort sind die Stellhebel, mit welchen der Stellwerkwärter die zu den Betriebsvorrichtungen führenden Stelleitungen — Drahtzüge, Gestänge — bewegt, in einem gemeinsamen Gestell, dem Hebelgestell oder Stellwerk, angeordnet. Mit den Stellhebeln sind Verschlußeinrichtungen — Stellwerkverschlüsse — verbunden, welche die Hebel untereinander in solche Abhängigkeit bringen, wie sie zwischen den Betriebsvorrichtungen (Signalflügeln, Weichen usw.) selbst bestehen müssen. Diese Verschlüsse sind so angeordnet, daß beim Umlegen des einen Hebels andere Hebel verschlossen oder freigemacht werden, so daß z. B. ein Signalhebel erst stellbar wird, wenn die Hebel der zu seiner Fahrstraße

[1]) Vgl. S. 338.

gehörigen Betriebsvorrichtungen richtig stehen. Es wird dabei vorausgesetzt, daß die Betriebsvorrichtungen unbedingt den Bewegungen ihrer Stellhebel folgen und die beiderseitigen Endlagen stets zusammenfallen. Diese Voraussetzung trifft aber nicht immer zu. Namentlich bei längeren Drahtzug- und Gestängeleitungen wird infolge von Dehnungen der Drahtzüge, Verlusten in den Gelenken der Gestänge und dergleichen nicht unter allen Umständen ein genügend großer Stellweg zu den Signalflügeln, Weichenzungen usw. übertragen, um die Übereinstimmung zwischen der Stellung der Stellhebel und der Signalflügel usw. zu erhalten. Bei Brüchen in den Leitungen lösen sich die Stellhebel von den Antriebsvorrichtungen, ohne daß dabei mit genügender Sicherheit verhindert wird, daß die Stellhebel und Antriebsvorrichtungen in nicht miteinander übereinstimmende Lagen gebracht werden können. Die Fälle, daß ein Signal auf „freie Fahrt" gestellt werden kann, obwohl seine Fahrstraße nicht richtig eingestellt ist, oder daß ein Signalflügel auf Fahrt stehen bleibt, obwohl sein Stellhebel auf Halt gestellt ist, sind daher auch nicht ungewöhnlich und wiederholt die Ursachen zu schweren Unfällen gewesen, indem Züge in falsche Fahrstraßen geleitet wurden, mit anderen Zügen zusammenstießen oder entgleisten. Alle Einrichtungen, welche zur Beseitigung dieses Übels getroffen sind, haben die mechanischen Anlagen nur verwickelter und ihre Handhabung und Unterhaltung schwerfälliger gemacht und neue Fehlerquellen geschaffen, ohne daß der gewünschte Erfolg erreicht worden wäre. Die Herstellung der Abhängigkeiten nur zwischen den Stellhebeln der Betriebsvorrichtungen genügt für die großen Ansprüche, welche an die Sicherheit derartiger Anlagen gestellt werden müssen, nicht. Die Signalflügel, Weichen usw. müssen unmittelbar voneinander abhängig gemacht werden. Hierfür sind mechanische Übertragungsmittel ihren ganzen Wesen nach ungeeignet.

Für die Lösung dieser Aufgabe kann vielmehr nur die Elektrizität in Frage kommen, mit deren Hilfe sich alle Abhängigkeiten durch Einbau von Kontakten, elektrischen Sperren usw. mit einer sonst nicht zu erreichenden Einfachheit und Übersichtlichkeit ausführen lassen.

Für ihre Einführung für den Betrieb der Signal- und Weichenanlagen der Bahnhöfe, die unter der Bezeichnung Stellwerkanlagen zusammengefaßt werden, spricht außerdem noch der Umstand, daß auf den Bahnhöfen elektrischer Strom bereits für mancherlei Zwecke in Anwendung steht. Einerseits werden bereits seit längerem verschiedene Teile der Stellwerkanlagen, bei denen man mit niedrig gespannten Strömen aus Primärbatterien auskommen kann, durch elektrischen Strom betrieben. Andererseits wird auch auf Bahnhöfen mittlerer Größe für Beleuchtung, Betrieb von Hebezeugen, Drehscheiben usw., elektrischer Strom in ausgedehntem Maße benutzt. Er läßt sich für den Betrieb der Stellwerkanlagen entweder in der vorhandenen Form oder in einfacher Weise umgeformt mitbenutzen. Eine Vergrößerung der Stromlieferungsanlagen ist dabei wegen des äußerst geringen Kraftbedarfes der Stellwerkanlagen in keinem Falle erforderlich.

Die Verteilung des Stromes in den Stellwerkbezirken bietet keine Schwierigkeit. Sie erfolgt in üblicher Form am zweckmäßigsten durch Kabelleitungen. Diese stören weder die sonst noch auf dem Bahnhof vorhandenen Betriebseinrichtungen, noch sind sie den Unterhaltungsarbeiten an den Gleisen usw. irgendwie hinderlich und brauchen selbst nicht unterhalten zu werden.

Die anerkannten Vorzüge der Elektrizität als Kraftübertragungsmittel kommen auch bei Stellwerkanlagen zur Geltung. Die elektrischen Anlagen lassen sich sehr wirtschaftlich gestalten. Die erforderlichen Apparate beanspruchen wenig Raum. Bei der Schnelligkeit der Kraftübertragung ist der Betrieb ein sehr flotter und gestattet die größtmögliche Ausnutzung der Bahnhofsanlagen. Die Bedienung der Apparate ist eine sehr einfache und wenig anstrengende.

Mit der größten Betriebssicherheit lassen sich daher bei elektrisch betriebenen Stellwerkanlagen Bequemlichkeit und Schnelligkeit des Betriebes, Wirtschaftlichkeit in der Beschaffung und Unterhaltung der Anlagen und Einfachheit der Konstruktionen vereinigen. Kein anderes für die Kraftübertragung geeignetes Mittel bringt alle diese Vorteile mit sich.

Bei den in den nachfolgenden Abschnitten beschriebenen Ausführungsformen elektrischer Stellwerkanlagen soll in der Hauptsache nur auf die elektrischen Teile der Anlagen näher eingegangen werden, während die mechanischen nur, soweit es das Verständnis der elektrischen Anlagen erfordert, mit behandelt werden. Da die neben den Signalen und Weichen auf den Bahnhöfen vorhandenen Betriebsvorrichtungen nur in verhältnismäßig geringem Umfang vorkommen und für ihren Betrieb fast ausschließlich dieselben Ausführungen benutzt werden, wie für die erstgenannten Einrichtungen, so werden sie im folgenden keine besondere Berücksichtigung finden.

Im allgemeinen werden nur solche Systeme aufgeführt werden, welche sich in nennenswertem Umfang in den Eisenbahnbetrieb eingeführt haben, und andere von der Praxis nicht angenommene Konstruktionen nur dann mit in den Kreis der Erörterungen gezogen werden, wenn sie besonders Interessantes und Beachtenswertes enthalten.

B. Geschichtliches.

Die ersten Versuche mit elektrischer Signal- und Weichenstellung scheinen auf der Pennsylvania-Bahn in den Vereinigten Staaten von Nordamerika von der Whorton Switch Co. etwa im Jahre 1883 gemacht zu sein. Sie sind aber ohne Bedeutung geblieben. In größerem Umfang wurden in den Jahren 1887/88 auf der französischen Nordbahn Versuche mit elektrischen Antrieben von Deprez und Sartiaux gemacht, ohne daß sie praktische Ergebnisse gehabt hätten. Ein in Amerika im Jahre 1891 auftauchendes System der Ramsey Weir Co. konnte trotz mancher interessanter Einzelheiten sich keine Ausbreitung verschaffen. Erst das System von Siemens & Halske in Berlin und Wien, welches zuerst im Jahre 1891 auf der internationalen elektrotechnischen Ausstellung in Frankfurt a. M. in die Öffentlichkeit trat, vermochte sich dauernd zu halten und Anerkennung zu verschaffen. Die erste größere Anlage auf dem Bahnhof Prerau der österreichischen Kaiserl. Ferdinand Nordbahn 1893 wies die Brauchbarkeit des Systems, die mit ihm zu erreichenden Betriebsvorteile und Erhöhung der Betriebssicherheit nach. Jahrelang war das Siemens-System, welches bis in die letzte Zeit weiter ausgebaut und verbessert wurde, das einzige elektrische System, das bis ins kleinste durchgearbeitet und allen Betriebserfordernissen Rechnung tragend ernsthaft für den Betrieb in Frage kam und größere Ausführungen aufweisen konnte. Es hat außer in Deutschland und Österreich in Dänemark. Rußland, England und Belgien zum Teil sehr umfangreiche Ausführungen

aufzuweisen. Erst Ende der neunziger Jahre und noch später traten neben ihm andere Systeme und zwar vor allem das System von DUCOUSSO-RODARY in Frankreich (1898), das TAYLOR-System (1900) und neuerdings das System der Union SWITCH & SIGNAL Co. in Amerika und das CREWE-System von WEBB und THOMPSON in England (1900) auf.

In Nachfolgendem soll dem ersten brauchbaren System, dem deutschen System von SIEMENS & HALSKE, eine besonders eingehende Behandlung zuteil werden, um an seiner Entwickelung zu zeigen, auf welchen Wegen sich die Bedingungen für elektrische Stellwerkanlagen allgemein erfüllen lassen. Es werden dabei die für das Verständnis des Wesens und Zwecks der Stellwerkanlagen und ihrer Einzelteile notwendigen allgemeinen Erläuterungen mit gegeben werden.

C. Deutsche Systeme.

1. Siemens-System.

a) Allgemeines.

Bei der Bewegung der Signalflügel und Weichen kommen fast ausschließlich zwei Bewegungsrichtungen in Frage: für die Signale von der Halt- in die Fahrtstellung und zurück, für die Weichen von der Grundstellung in die umgelegte Stellung und umgekehrt. Die Änderung in der Bewegungsrichtung wird durch Schalter im Stellwerk und an den Stellvorrichtungen, den Antrieben, veranlaßt. Sie erfolgt bei den Weichenantrieben dadurch, daß die Umlaufrichtung des Weichenmotors geändert wird, indem entweder die Stromrichtung in der Schenkelwicklung oder dem Anker umgekehrt wird, oder indem unter Benutzung von zwei getrennten entgegengesetzt gewickelten Schenkelwicklungen der Strom von der einen auf die andere Wicklung geschaltet wird.

Bei den Signalantrieben geschieht die Änderung der Bewegungsrichtung entweder in der gleichen Weise, oder unter Beibehaltung der Drehrichtung des Signalmotors durch Zwischenschaltung von Umkehrgetrieben zwischen Motor und Flügel. Anfänglich wurde auch unter Verzicht auf die Zwangläufigkeit die Bewegung von Fahrt auf Halt durch das Eigengewicht des Flügels bewirkt.

Das Einschalten des Stroms für den Motor eines Antriebes bewirkt ein Schalter an dem Stellhebel im Stellwerk. Von diesem aus wird der Strom jedem Motor durch 2 Leitungen, den Laufleitungen, und zwar für jede Bewegungsrichtung eine, zugeführt. Die Stellung des Motors und des von ihm bewegten Antriebes muß dem Stellwärter unzweideutig angezeigt werden, damit er jederzeit die richtige Stellung der Weichen und Signale überwachen kann. Hierzu sind Rückmelde- und Überwachungseinrichtungen im Stellwerk angeordnet. Es werden für sie der größeren Sicherheit wegen Ruheströme verwendet. Für jeden Stellhebel ist ein solcher Ruhestromkreis — Überwachungsstrom — vorhanden, welcher nur geschlossen ist, wenn Stellhebel und Antrieb in übereinstimmenden Endlagen sich befinden. Durch diesen Überwachungstrom wird gleichzeitig der betriebsfähige Zustand der Leitungen, Kontakte usw. überprüft. In den Stromkreis ist ein Elektromagnet, der Überwachungsmagnet, eingeschaltet, durch welchen der

Zustand des Stromkreises kenntlich gemacht wird. Er ist nur von Strom durchflossen, wenn alles am Stellhebel, den Leitungen und dem Antriebe in Ordnung ist.

Von den Schaltungen der Signal- und Weichenantriebe folgen zunächst die letzteren in ihrer allmählichen Entwickelung und dann die Signalschaltungen, soweit sie von diesen abweichen.

b) Weichenschaltungen.

Bei der ältesten Schaltung (Fig. 15a u. b) steuert der Stellhebel einen doppelten Umschalter h_1, h_2, an dessen Drehpunkten je eine Laufleitung l_1, l_2 angelegt ist. Die Schalter schließen abwechselnd den einen Pol der Stromquelle b und je einen Überwachungsmagneten e_1, e_2 an die Laufleitungen

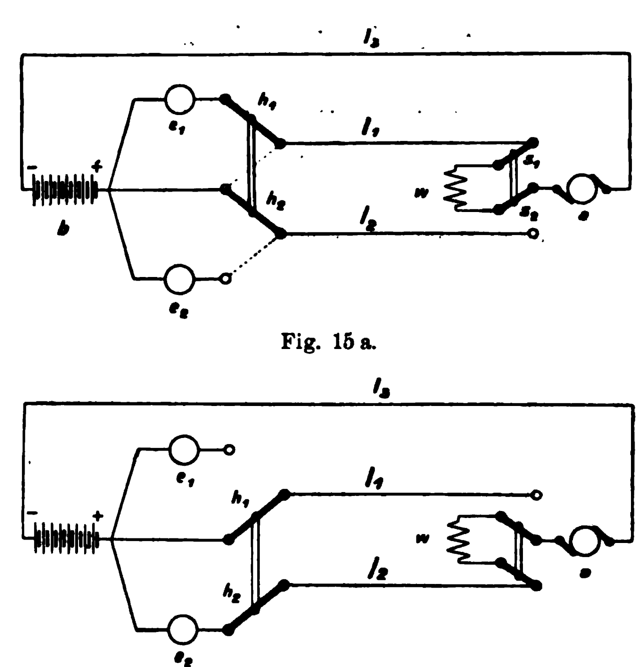


Fig. 15 a.

Fig 15 b.

an. Ein von dem Antrieb gesteuerter Doppelumschalter s_1, s_2 am Motor legt die Schenkelwicklung w des Motors entweder an die eine oder an die andere Laufleitung. In der Grundstellung des Stellhebels und des Antriebes (Fig. 15 a) fließt der Überwachungstrom für die Grundstellung von der Stromquelle $+ b$ über den Überwachungsmagnet e_1, den Hebelschalter h_1, die Laufleitung l_1, den Steuerschalter s_1, die Schenkelwicklung w und den Anker a des Motors durch die Rückleitung l_3 zurück zur Stromquelle. Wegen des hohen Widerstandes des Überwachungsmagneten erhält der Motor nicht genügend Strom zum Anlaufen. Um ihn in Bewegung zu setzen, werden die Hebelschalter umgelegt (gestrichelte Lage) und dadurch der Überwachungsmagnet aus dem Stromkreis ausgeschaltet. Im übrigen bleibt der Stromlauf des A r b e i t s t r o m e s für den Motor derselbe, wie der des Überwachungstromes. Der Überwachungstrom ist unterbrochen und der Arbeitstrom geschlossen. Der Motor läuft um und verstellt die Weiche.

Nachdem dies geschehen, werden die Steuerschalter umgestellt (Fig. 15 b) und der Motor von der Leitung b_1 abgeschaltet. Der Motor kommt zum Stillstand. Der Überwachungstrom für die umgelegte Stellung ist geschlossen. Der Überwachungsmagnet e_2 zeigt an, daß der Motor und sein Antrieb in die zu der Hebelstellung des umgelegten Stellhebels gehörige Stellung gelangt sind, und daß die Leitungen, der Motor und die Schalter in ordnungsmäßigem Zustand sich befinden. Die Rückstellung des Motors geschieht in der gleichen Weise.

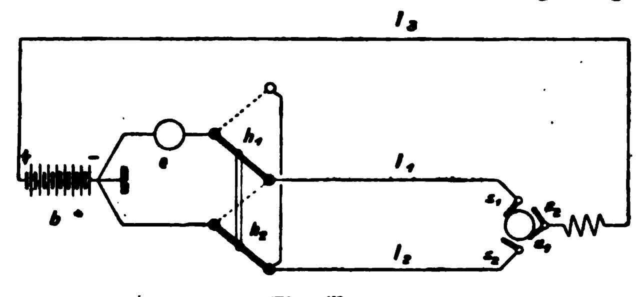


Fig. 16 a.

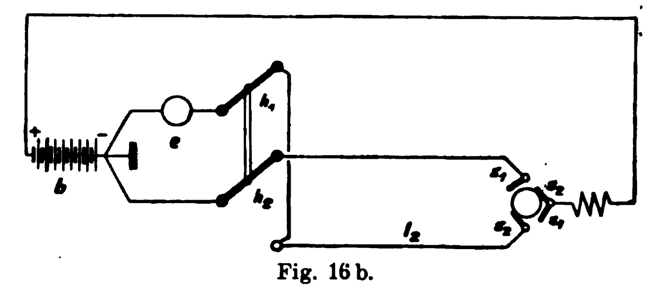


Fig. 16 b.

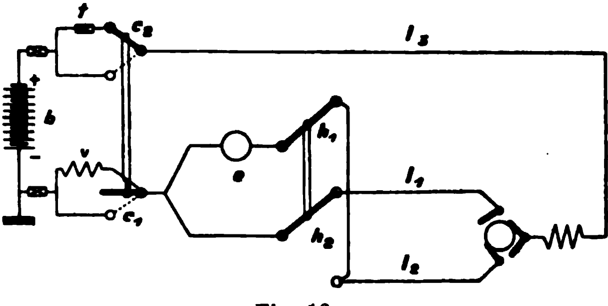


Fig. 16 c.

Diese im Anfang des Jahres 1893 in Betrieb genommene Schaltung wurde im Jahre 1894 vervollkommnet und ergänzt, und steht in dieser Form seitdem noch heute in Anwendung. Sie ist in ihrer Grundform in Fig. 16 a u. b dargestellt.

Der bei dieser Schaltung verwendete Motor besitzt zwei gegeneinander versetzte Bürstenpaare s_1 s_1 und s_2 s_2, welche in den Endlagen abwechselnd auf dem Kommutator aufliegen und mit je einer Laufleitung verbunden sind. Die Stromrichtung in dem Anker und damit der Drehsinn des Motors ist verschieden, je nachdem das eine oder andere Bürstenpaar aufliegt.

Zur Überwachung beider Endlagen ist nur ein Überwachungsmagnet e vorhanden, welcher durch den einen Schalter h_1 des Stellhebels abwechselnd mit der einen oder anderen Laufleitung l_1 oder l_2 in Verbindung gebracht wird, während der andere Stellhebelschalter h_2 in gleichem Wechsel die Laufleitungen unmittelbar an die Stromquelle b anschließt. Durch Umlegen des Stellhebels (gestrichelte Stellung) wird der in Fig. 16 a vorhandene Überwachungstrom am Hebelschalter h_1 unterbrochen und der Arbeitstrom durch den Hebelschalter h_2 über die Laufleitung l_1 geschlossen.

Der Strom fließt auf dem Wege: $- b\, h_2\, l_1\, s_1\, s_1\, l_3 + b$.

Nach Vollendung des Stellweges wird der Arbeitstrom durch Abheben des Motorbürstenpaares s_1 s_1 wieder geöffnet, und durch das gleichzeitige Auflegen des zweiten Bürstenpaares s_2 s_2 ein neuer Überwachungstrom für

die umgelegte Stellung der Weiche über die Laufleitung l_2 geschlossen (Fig. 16 b).

Der Überwachungstrom fließt fast ständig durch die Leitungen, da er nur während des Umlaufens des Motors oder bei Störungen unterbrochen ist. Es ist daher erwünscht, ihn möglichst schwach zu halten. Andererseits soll der Strom zum Anziehen des Ankers des Überwachungsmagneten nicht zu gering sein. Zu diesem Zweck ist bei Ausführungen dieser Schaltung in die von der Stromquelle zu dem Magneten und den Hebelschaltern führenden Leitungen ein Vorschaltwiderstand von 1000 Ohm eingeschaltet, welcher bei einer Spannung der Stromquelle von 100 Volt im Verein mit dem Widerstand von 600 Ohm der Magnetwickelung die Stärke des Überwachungstromes auf etwa 0·062 Ampere beschränkt. Beim Umlegen des Stellhebels zum Einschalten des Arbeitstromes wird der Vorschaltwiderstand v (s. Fig. 16 c) durch einen Schalter c_1 kurz geschlossen und so aus dem Stromkreis ausgeschaltet. Er wird erst dadurch wieder eingeschaltet, daß der Überwachungsmagnet e den Schalter c_1 in seine Grundstellung zurücklegt, wenn er nach erfolgter Umstellung der Weiche seinen Anker anzieht, also nachdem der Überwachungstromkreis wieder hergestellt ist.

Ein Ingangsetzen des Motors durch den Überwachungstrom, der denselben Weg nimmt, wie der Arbeitstrom, erscheint zwar schon durch den hohen Widerstand in dem Stromkreise ausgeschlossen. Um jedoch auf alle Fälle gegen eine derartige Betriebsgefährdung (z. B. durch Eindringen von Strömen höherer Spannung) gesichert zu sein, ist in die von dem Pluspol der Stromquelle b abzweigende Rückleitung eine Feinsicherung t aus Staniol eingesetzt, welche nur gerade den Überwachungstrom aushält, bei höheren Stromstärken also, die geeignet wären, den Motor in Bewegung zu setzen, durchschmilzt. Während der Arbeitstrom kreist, wird die Feinsicherung durch einen Schalter c_2, welcher von dem Stellhebel geöffnet und durch den Überwachungsmagneten beim Anziehen seines Ankers wieder geschlossen wird, aus der Rückleitung l_3 ausgeschaltet.

Die Feinsicherung dient noch weiter dazu, etwa auftretende Erdschlüsse in den Leitungen oder am Motor rechtzeitig aufzudecken. Der negative Pol der Stromquelle ist nämlich geerdet. Sobald nun an irgend einer Stelle des Leitungsnetzes ein Erdschluß auftritt, wird von der geerdeten Stelle durch die Stromquelle zu deren geerdetem Pol im Nebenschluß zu dem Überwachungstrom ein Stromkreis entstehen, der, weil er nur einen Teil der Widerstände jenes Stromes enthält, eine höhere Stromstärke besitzt, als dieser, und daher die Feinsicherung zum Durchschmelzen bringt.

Diese erste Schaltungsweise zeigt bereits eine weitgehende Berücksichtigung aller in Frage kommenden Betriebsverhältnisse. Die späteren Abänderungen an ihr beziehen sich daher auch in der Hauptsache nur darauf, sie in einzelnen Teilen zu vereinfachen und durchsichtiger zu gestalten.

Eine Ausführung der Schaltung ist aus den Fig. 17 a bis c zu ersehen, in welchen der Stellhebel mit seinen Schaltern und Kontakten in ihren verschiedenen Lagen dargestellt ist.

In der Grundstellung Fig. 17 a fließt der Überwachungstrom auf dem mit *1* bezeichneten Wege nach Fig. 16 c. Er fließt von dem + Pol der Batterie durch eine Bleisicherung und eine Staniolsicherung über den

Schalter U_3 zu dem Motor M durch dessen Schenkelwicklung und Anker zurück zum Stellhebel über den Hebelschalter U_1 durch den Überwachungs-

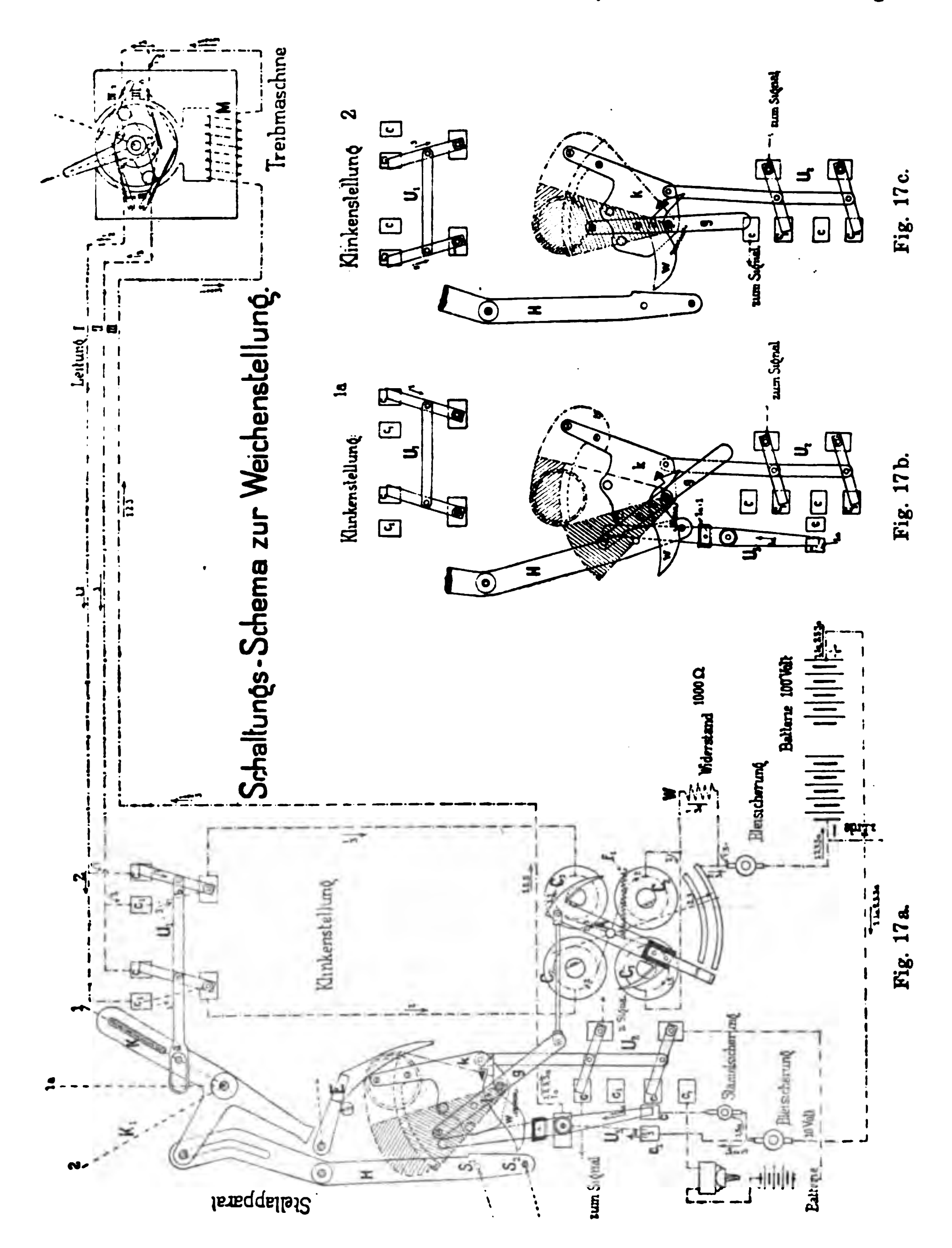


Fig. 17a. Fig. 17b. Fig. 17c.

magneten C_1 C_1 über den Widerstand W durch eine Bleisicherung zum geerdeten — Pol der Batterie.

Wird der Stellhebel K umgelegt, so bringt er in dem ersten Teil des Weges bis zur Lage *1a* den Hebel H in die Lage nach Fig. 17b. Dabei

wird nur der Kontaktträger k, an welchem die sogenannten Überwachungskontakte U_3 hängen, von dem Fanghebel w frei gemacht. k dreht sich und die Kontakte wechseln. Außerdem wird die Stellung des Schalters U_3 gewechselt und dadurch die Staniolsicherung ausgeschaltet. Die Überwachungskontakte dienen, wie später beschrieben, dazu, die Stellung der Signalflügel von derjenigen der Weichen abhängig zu machen. Nur wenn die Überwachungskontakte einer Weiche richtig liegen, kann ein mit letzterer in Abhängigkeit stehender Signalflügel in der Fahrtstellung stehen.

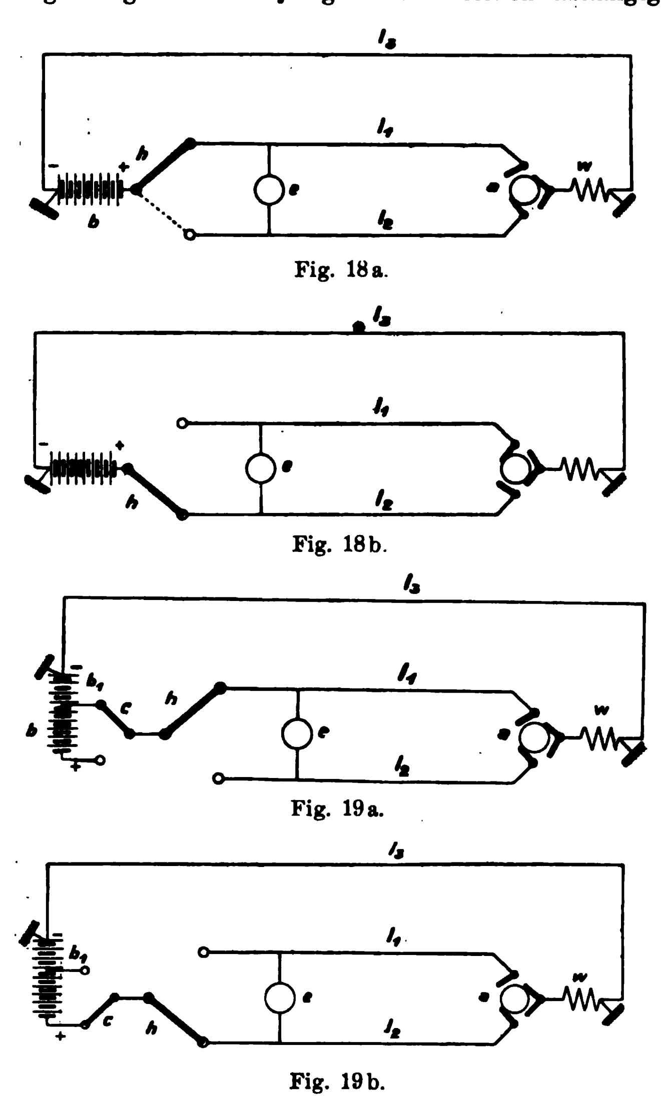


Fig. 18a.

Fig. 18b.

Fig. 19a.

Fig. 19b.

Bei der Weiterbewegung des Stellhebels bis in seine Endstellung *2* wechselt der Hebelschalter U_1 seine Lage und unterbricht dadurch den Überwachungstrom *1*. Der Anker A des Überwachungsmagneten C_1 C_1 wird durch eine Feder von den Magnetpolen abgerissen und der Widerstand W durch einen Kontakt am Anker kurz geschlossen.

Es entsteht der Arbeitstrom *2*. Der Motor läuft und gleichzeitig wird der Elektromagnet C_2 C_2 erregt.

Dieser zieht den Anker A an und hängt den Kontaktträger k wieder an den Fanghebel w (Fig. 17c), wodurch er wieder mit ihm gekuppelt ist. Die Überwachungskontakte sind aber noch geöffnet. In dieser Lage bleiben die Teile bis nach beendetem Stellwege. Hiernach wechseln die Bürstenpaare *I III* und *II III*$_a$ des Motors ihre Lage und der Strom *3* entsteht. Dieser fließt durch den Überwachungsmagneten C_1 C_1, der den Anker A anzieht. Dadurch werden alle Teile des Schalters in ihre Grundstellung nach Fig. 17a gebracht. Nur der Stellhebel K und die Hebelschalter U_1 befinden sich in ihrer zweiten Endlage.

Die nächste Ausführungform (1896) weist in ihrer Grundform (Fig. 18a u. b) als besonderes Kennzeichen die feste Einschaltung des

Überwachungsmagneten e zwischen die beiden Laufleitungen l_1 l_2 auf. Es wird dabei nur ein Schalter h am Stellhebel erforderlich, durch dessen Umlegen der Überwachungstrom (Fig. 18a oder 18b) aus- und der Arbeitstrom (z. B. gestrichelte Schalterstellung in Fig. 18a) eingeschaltet wird. Der Arbeitstrom läuft dabei auf dem Wege $+ b\, h\, l_2\, a\, w\, l_3 - b$ oder $+ b\, h\, l_1\, a\, w\, l_3 - b$.

Diese Schaltung ergibt die einfachsten Ausführungsformen, die noch heute im Betriebe sind. Die erwünschte Schwächung des Überwachungstromes wurde anfänglich, wie bei den früheren Ausführungen durch Einschaltung eines hohen Widerstandes in dem Überwachungstromkreis bewirkt. Bald aber wurde diese Drosselung der Spannung als unwirtschaftlich verlassen, und der Strom für den Überwachungsmagneten einer schwächeren Stromquelle entnommen. Hierfür wird entweder eine besondere Stromquelle oder nur ein Teil der für den Arbeitstrom verwendeten benutzt (Fig. 19a). Beim Umlegen der Stellhebel wird dabei durch Umlegen eines Schalters c, des Batteriewechslers, die Überwachungsbatterie ab- und die Arbeitbatterie angeschaltet (vgl. Fig. 19b). Beim Auftreten des Überwachungstromes wird der Schalter durch den Überwachungsmagneten wieder zurückgestellt.[1])

Auch hier ist der eine Pol der Stromquellen an Erde gelegt. An den geerdeten Pol ist die Rückleitung angelegt und die Motorschenkelwicklung ist gleichfalls geerdet. Hiermit ist der Vorteil verbunden, daß von einer metallischen Rückleitung ganz abgesehen oder diese schwächer z. B. als gemeinsame schwache Rückleitung für mehrere Motoren ausgeführt werden kann.

Für das weitere Verständnis der Schaltungsarten muß hier zunächst auf eine Eigenart der deutschen Systeme der Weichenstellung näher eingegangen werden.

Die Weichen dienen bekanntlich dazu, Fahrzeuge von einem Gleis auf ein anderes zu überführen. Sie haben zu diesem Zweck bewegliche Teile — Weichenzungen —, welche in ihrer einen Endlage die Räder der ankommenden Fahrzeuge aus dem geraden Gleis ablenken, in ihrer anderen Endlage auf ihm belassen, so daß die Fahrzeuge entweder in das abzweigende Gleis einfahren oder geradeaus weiter fahren. Bei diesen Fahrten wird die Weiche spitz befahren. Für Fahrzeuge, welche aus dem abzweigenden Gleis in das gerade oder durchgehende Gleis fahren wollen, müssen die Weichenzungen oder die Weiche ebenfalls „auf Abzweigung" stehen, während sie sonst „auf gerades Gleis" stehen. Die Weiche wird hierbei von der Wurzel oder von rückwärts befahren. In beiden Endlagen müssen die Weichenzungen festgehalten werden, indem sie mit einer der festen Gleisschienen, den Mutter- oder Backenschienen, zusammengeschlossen werden, damit die Zungen sich nicht unter einem die Weiche befahrenden Fahrzeug bewegen und eine Entgleisung desselben verursachen. Die Weiche ist dann verriegelt.

Nach der Art und Weise, in welcher diese Weichenverriegelung hergestellt wird, unterscheiden sich die deutschen Weichstellsysteme von den außerdeutschen. Bei den letzteren läßt sich die Verriegelung, die durch

---

1) Diese Art und Weise den Überwachungstrom möglichst gering zu halten, wurde bei allen späteren Ausführungen beibehalten. In den nachfolgenden Skizzen sind die zum Wechsel der Batterieen vorhandenen Teile der Übersichtlichkeit wegen fortgelassen.

das Einstellen des Stellhebels in seine eine Endlage herbeigeführt wird, ohne ein Zurückstellen des Hebels nur unter Zerstörung der Weiche oder der Verriegelungsteile aufheben. Bei den deutschen Systemen dagegen kann unter gewissen Umständen die Weiche entriegelt, und es können die Weichenzungen verschoben werden, ohne daß der Stellhebel bewegt wird, und ohne daß irgendwelche Teile an den Verriegelungs- und Stellvorrichtungen der Weiche zerstört werden. Von dieser Einrichtung wird Gebrauch gemacht, wenn ein Fahrzeug von dem abzweigenden Gleis in die für das gerade Gleis gestellte Weiche oder von dem geraden Gleis von der Wurzel aus gegen die auf Abzweigung stehende Weiche fährt. Es sucht sich dann gewaltsam die verriegelten Weichenzungen für seine Fahrtrichtung richtig zu stellen.

Bei einer festen Verriegelung wird dabei eine Zerstörung von Teilen der Weiche oder deren Antrieb verursacht, oder das Fahrzeug wird entgleisen, oder es wird beides eintreten. Bei der deutschen Verriegelungsart wird diese Gefahr vermieden. Die Verriegelungseinrichtungen — die sogenannten Zungen- oder Spitzenverschlüsse — sind nämlich so eingerichtet, daß sie von einem von rückwärts eine falsch liegende Weiche befahrenden Fahrzeug selbsttätig geöffnet werden, worauf die Weichenzungen frei verstellt werden können. Man bezeichnet diesen Vorgang mit dem Ausdruck: die Weiche wird aufgeschnitten. Ein die Weiche spitz befahrendes Fahrzeug kann auf keinen Fall die Weichenverriegelung aufheben.

Um diese für das Verständnis der Schaltungen und der Bauweisen der Weichenantriebe wichtigen Vorgänge bei der Bewegung der Weichenzungen klarzulegen, sei im folgenden die Umstellung einer mit einem viel verwendeten Spitzenverschluß, dem sogenannten Hakenschloß, versehenen Weiche an Hand der Fig. 20a bis d beschrieben.

B_1 und B_2 sind die festliegenden Backenschienen des Gleises, Z_1 und Z_2 die Weichenzungen, welche sich um je einen festen Drehpunkt drehen lassen. In der einen Endlage der Weichen nach Fig. 20a liegt die Zunge Z_2 fest an der Schiene B_2 an. Die Züge fahren auf der Schiene B_1 und der Zunge Z_2 über die Weiche. Die Zunge Z_2 muß daher während der Zugfahrt festgehalten werden. Zu diesem Zwecke umklammert der Haken H_2, welcher um D_2 drehbar an der Zunge gelagert ist, eine an der Backenschiene befindliche Platte P_2 und hält damit Zunge und Backenschiene fest zusammen. Damit die Weichenzungen bewegt und die Weiche in ihre andere Endlage Fig. 20c umgestellt werden kann, muß dieser Verschluß zunächst aufgehoben werden — die Weiche muß entriegelt werden. Diese Entriegelung geschieht durch Bewegung der freien abliegenden Zunge Z_1. Der an ihr gelagerte Haken H_1 des Spitzenverschlusses ist mit dem Haken H_2 durch eine Stange S verbunden. Wird die Zunge Z_1 verschoben, so wird die Stange S mitbewegt und dreht dabei den Haken H_2 um seinen Drehpunkt so lange, bis die Umklammerung der Backenschiene aufgehoben ist. Alsdann nimmt an der weiteren Bewegung der Zunge Z_1 auch die Zunge Z_2 teil (Fig. 20b). Eine Drehung des Hakens H_1 während des Entriegelungsweges und der Haken H_1 und H_2 während des gemeinsamen Stellweges wird dadurch ausgeschlossen, daß die Haken sich gegen die Verriegelungsplatten P_1, P_2 an den Schienen und gegen die Platten mit den Drehzapfen D_1 und D_2 an den Zungen anlegen. Ist die Zunge Z_1 zum Anliegen an die Backenschiene B_1 gekommen, so liegt der Haken H_1 in solcher Lage, daß er hinter die Ver-

riegelungsplatte P_1 greifen kann. Bei einer weiteren Bewegung der Stange S wird sich daher H_1 um D drehen und die Zunge Z_1 mit der Schiene B_1 verklammern (Fig. 20 c). Während dieses Verriegelungsweges wird die Zunge Z_2 von der Schiene B_2 weiter entfernt. Ein die Weiche nunmehr befahrendes Fahrzeug fährt auf der Schiene B_2 und der Zunge Z_1.

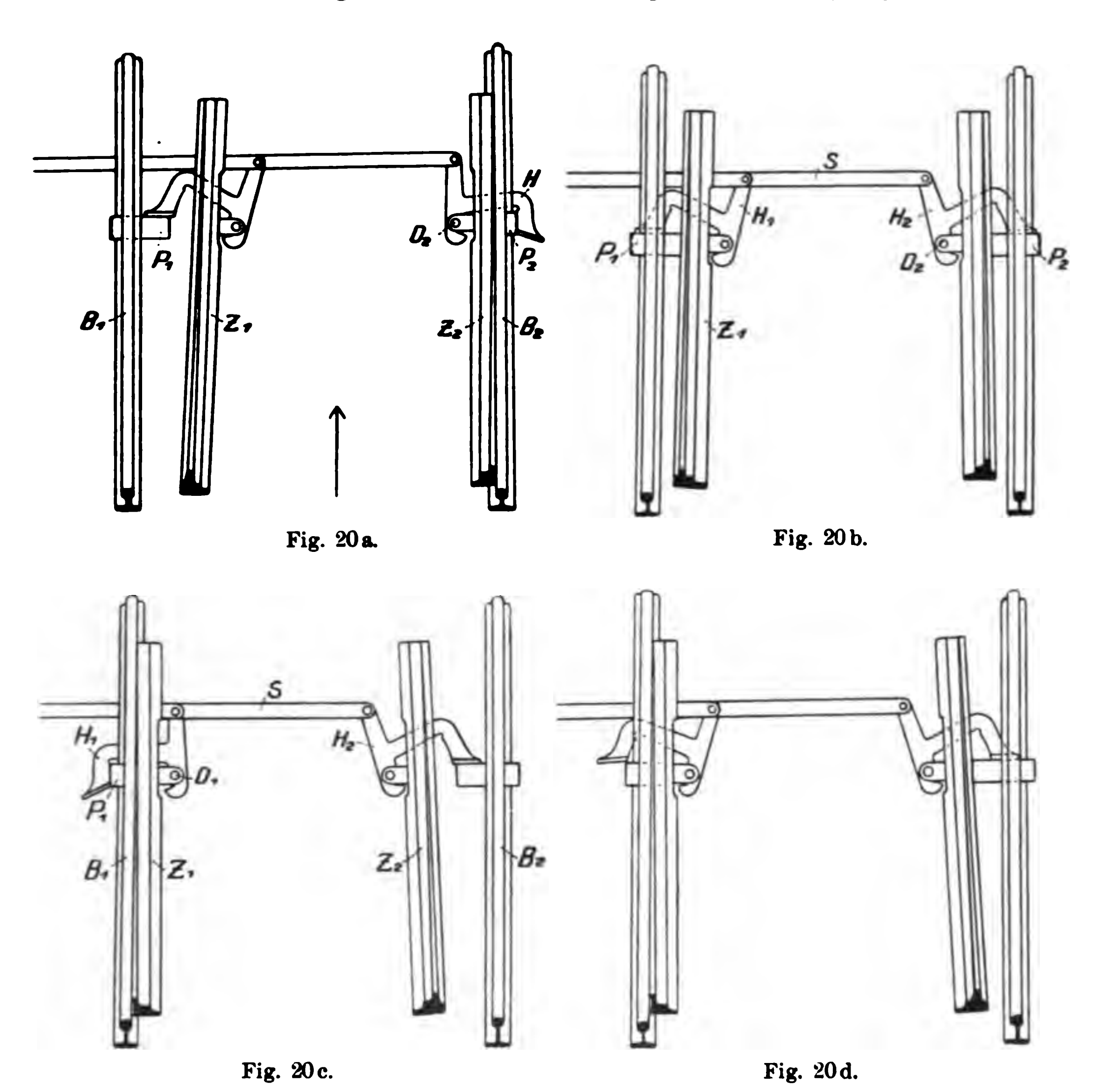


Fig. 20a. Fig. 20b.

Fig. 20c. Fig. 20d.

An der Stange S greift eine zum Weichenantrieb führende Stange an, welche für die Umstellung der Weiche den für die Entriegelung, Umstellung und Verriegelung erforderlichen Weg zurücklegen muß.

Nach obigem ist also zur Bewegung der Weiche zuerst eine Bewegung der abliegenden Zunge erforderlich. Von einem in die Weiche von der Spitze einfahrendem Fahrzeug kann diese Bewegung wegen der vorhandenen genügend großen Öffnung zwischen Zunge und Schiene nicht verursacht werden. Befährt dagegen ein Fahrzeug die Weiche von der Wurzel auf dem falschen Wege, so drücken bereits in der Nähe des Zungendrehpunktes

die Radflanschen gegen die abliegende Zunge und bewegen sie gegen ihre Backenschiene. Dadurch wird die Weiche entriegelt, und bei der weiteren Fahrt des Fahrzeuges umgestellt. Die Weiche ist aufgeschnitten. Aus der Endlage nach Fig. 20a wird also ein auf falschem Wege in der Pfeilrichtung fahrendes Fahrzeug die Weichenzungen zunächst in die Lage nach Fig. 20b und dann in diejenige nach Fig. 20d verschieben. Dabei wird eine Verriegelung der Weiche in der letzteren Lage nur eintreten, wenn bei der Aufschneidung die Massen genügend beschleunigt werden, so daß der Haken so weit vorfliegt, daß er sich hinter die Verriegelungsplatte der Backenschiene legt.

Durch das Aufschneiden der Weiche wird die Übereinstimmung der Lage des Stellhebels und der Weiche aufgehoben, da die Weichenzungen verstellt werden, der Hebel aber stehen bleibt. Diese Unordnung muß sich daher dadurch bemerkbar machen, daß der Überwachungstrom unterbrochen wird.

Bei den bisher geschilderten Schaltungen ist zu diesem Zwecke in dem Weichenantrieb ein Kontakt — der Aufschneidekontakt — in die Rückleitung des Motors eingeschaltet, welcher beim Aufschneiden geöffnet wird. Da die Laufleitungen gleichzeitig als Leitungen für den Überwachungstrom benutzt werden, so wird dadurch der Überwachungstrom geöffnet und der stromlos gewordene Überwachungsmagnet zeigt dann die erfolgte Aufschneidung an. Durch die Unterbrechung der Rückleitung wird der Motor von der Stromquelle abgeschaltet. Um ihn wieder betriebsfähig zu machen, muß der Aufschneidekontakt wieder geschlossen werden. Hierzu ist es erforderlich, daß sich jemand zu der aufgeschnittenen Weiche begibt.

Bei den späteren Schaltungen wurde die Abschaltung des Motors bei einer Aufschneidung der Weiche vermieden, und nur der Überwachungstrom unterbrochen. Hierzu war es erforderlich, den Überwachungsmagneten in eine besondere Leitung einzuschalten, was verschiedene Vorteile mit sich brachte.

Fig. 21a u. b zeigt eine so geänderte Schaltung aus dem Jahre 1898. Der Überwachungsmagnet c erhält über die Laufleitungen l_1, l_2 und die Überwachungsleitung l_3 Strom, wenn der Hebelschalter h_1 und ein von der Weiche gesteuerter Steuerschalter s_2 gleichzeitig an einer der Laufleitungen anliegen. Der Überwachungsstromlauf ist: $+ b\, h_1\, l_2\, s_2\, l_3\, e - b$ (Fig. 21a) oder $+ b\, h_1\, l_1\, s_2\, l_3 - b$. Hebel und Antrieb liegen dann in übereinstimmenden Endlagen. In die Überwachungsleitung ist der Aufschneidekontakt k eingefügt.

Zur Änderung der Drehrichtung werden doppelte entgegengesetzt gewickelte Schenkelwicklungen w_1, w_2 benutzt, von denen jede in eine Laufleitung eingeschaltet ist. Durch einen Steuerschalter s_1, welcher von der Weiche so gesteuert wird, daß er nach erfolgter Umstellung der Weiche jedesmal seine Stellung wechselt, ist der Anker a des Motors in den Endlagen der Weiche mit der einen oder anderen Wicklung verbunden.

Um den Motor nach Abschaltung der Stromquelle möglichst rasch zum Stillstand kommen zu lassen, ist eine elektrische Bremsung durch Bildung eines Kurzschlußstromes vorhanden, welche in Tätigkeit tritt, sobald die Motorumschaltung erfolgt ist. Ein mit dem Hebelschalter h_1 gekuppelter Schalter h_2 im Stellwerk legt nämlich in den Endlagen des Stellhebels eine der Laufleitungen an den Minuspol der Stromquelle, mit welchem auch der

eine Pol des Motorankers ständig verbunden ist. In Fig. 21 a liegt z. B. der Motor in dem kurz geschlossenen Stromkreis — $b\ h_2\ l_1\ w_1\ s_1\ a$ — b.

Wird der Stellhebel umgelegt, so bildet sich der Stromkreis (Fig. 21 b) + $b\ h_1\ l_1\ w_1\ s_1\ a$ — h. Der Motor läuft solange, bis der Motorschalter s_1 umgestellt wird. Alsdann bestehen die Stromkreise — $b\ h_2\ l_2\ w_2\ s_1\ a$ — b (Bremsstrom) und + $b\ h_1\ l_1\ w_1\ s_2\ l_3\ e$ — b (Überwachungstrom).

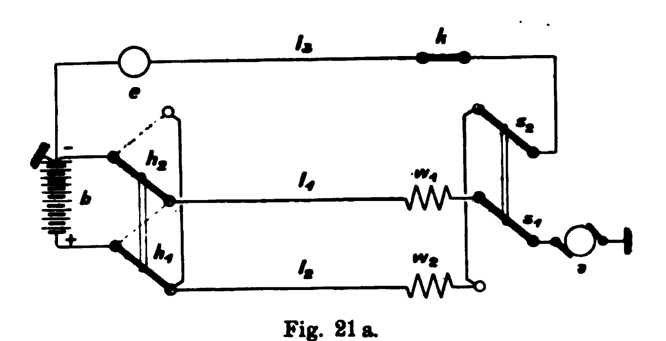


Fig. 21 a.

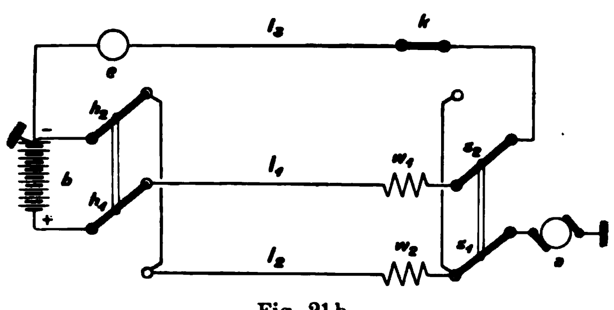


Fig. 21 b.

Durch Öffnung des Aufschneidekontaktes b werden die Arbeitstromkreise nicht beeinflußt.

Die Schaltung hat den Vorteil, daß nach Abstellung des Stromes durch die sehr energische Kurzschlußbremsung der Motor fast unmittelbar zum Stillstand kommt, und daß außerdem eine zufällige Stromeinleitung in eine der zum Motor führenden Leitungen den Motor nicht zum Laufen bringt.

Die Umschaltung der Steuerschalter am Motor geschieht bei dieser, wie bei den bisher beschriebenen Ausführungen in der Weise, daß die Abschaltung der einen und die Anschaltung der anderen Laufleitung nach Beendigung der Weichenbewegung etwa gleichzeitig erfolgt. Infolgedessen würde der Motor nicht zu Ende laufen und die Weiche auf halbem Wege stehen bleiben, wenn der Stellhebel vor Beendigung des Stellweges in die Ausgangstellung zurückgelegt wird. Eine derartige Möglichkeit für Störungen ist im Betriebsinteresse zu vermeiden, und wird durch Sperrung des Stellhebels gegen eine Rückbewegung nach begonnenem Umlegen ausgeschlossen. Die Sperrung bleibt bestehen, bis die Umstellung der Weiche vollendet ist. Sie wird durch den Überwachungsmagneten bewirkt, der bei unterbrochenem Überwachungstrom den Hebel festhält, eine Rückstellung also nur zuläßt, wenn die Meldung von dem Eintreffen der Weiche in der zu der Hebellage gehörenden Endlage eintrifft.

Es kommen aber im Betrieb häufig Fälle vor, in welchen es wünschenswert ist, noch vor Vollendung des Stellweges die Weiche in ihre Ausgangstellung zurückzuführen. Der Wärter hat z. B. einen falschen Weichhebel umgelegt und will ohne Verzug den Fehler wieder gut machen und den Hebel zurücklegen. Oder es konnte nach Umlegen eines Hebels die Weiche nicht ihren vollen Stellweg zurücklegen, weil ein Hindernis, etwa ein Stein oder ein Stück Kohle, zwischen Weichenzunge und Backenschiene liegt. Alsdann ist es ebenfalls meist erforderlich, um das Hindernis zu entfernen, die

Weiche zurückzustellen. Dies auf dem einfachsten Wege durch Zurücklegen des Stellhebels zu bewirken, ist wegen dessen Sperrung nicht möglich.

Bei den weiteren Ausführungen ist daher von der Sperrung des Hebels abgesehen. Dafür ist die Motorumschaltung an der Weiche so ausgebildet, daß die jeweilige Rückstelleitung kurz nach Beginn der Bewegung an den Motor angelegt wird. Es liegen also dann beide Laufleitungen an dem Motor, so daß er je nachdem der Hebelschalter auf die eine oder andere Laufleitung gelegt wird, nach vorwärts oder rückwärts läuft. Beim Zurücklegen des Stellhebels kehrt der Motor diesem folgend wieder in die Ausgangstellung zurück.

Nach erfolgter Aufschneidung der Weiche ist es infolgedessen auch nicht mehr nötig, die aufgeschnittene Weiche durch einen Sachkundigen an Ort und Stelle wieder in Ordnung bringen zu lassen, um die übereinstimmende Lage von Hebel und Weiche wieder herzustellen. Da durch die Aufschneidung die Laufleitungen nicht mehr gestört sind und der Stellhebel nicht gesperrt ist, so ist es hierfür nur erforderlich, im Stellwerk den Stellhebel umzulegen. Alsdann läuft der Motor hinter den vorausgeeilten Weichenzungen her und bringt sie vollends in die zur Hebelstellung gehörige Endlage. Dadurch wird auch der Aufschneidekontakt wieder geschlossen.

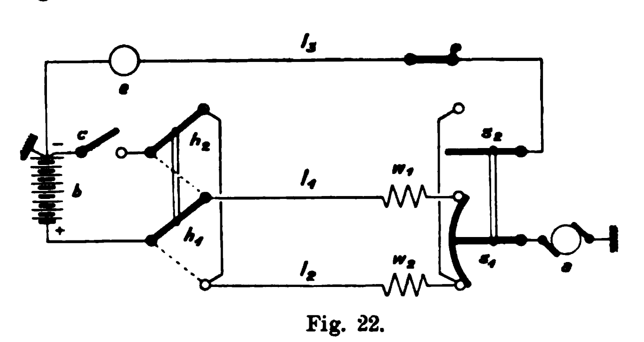


Fig. 22.

Aus Fig. 22 ist die hiernach geänderte Anordnung für die Schaltung nach Fig. 21 a u. b ersichtlich. Der Motor hat mit der Umstellung der Weiche bereits begonnen. Es fließt der Strom $+ b\ h_1\ l_1\ w_1\ s_1\ a - b$. Wird der Stellhebel jetzt zurückgelegt (punktierte Lage der Hebelschalter), so erhält der Motor Strom auf dem Wege $+ b\ h_1\ l_2\ w_2\ s_1\ a - b$ und läuft zurück. In den Endlagen ist nur je eine Laufleitung an den Motor angeschlossen.

In der Bremsleitung ist ein Kontakt c eingeschaltet, welcher beim Umlegen des Hebels geöffnet wird und so lange offen bleibt, bis der Überwachungsmagnet wieder Strom erhält, die Umstellung also erfolgt ist. Dieser Kontakt verhindert, daß in der Mittelstellung (Fig. 22) des Steuerschalters die Stromquelle b über die beiden Schenkelwicklungen auf dem Wege $+ b\ h_1\ l_1\ w_1\ s_1\ w_2\ l_2\ h_2 - b$ kurz geschlossen und der Motor stillgesetzt wird.

Bei der weiteren Durchbildung des Systems wurde die elektrische Bremsung durch eine kräftig wirkende mechanische Bremsung ersetzt. Es ergibt sich daraus, eine Vereinfachung der Schaltung, wie die Fig. 23 a bis d erkennen lassen. Die beiden Steuerschalter $s_1\ s_2$ arbeiten unabhängig voneinander. Sie werden unmittelbar von den Weichenzungen gesteuert. Ein besonderer Aufschneidekontakt ist nicht vorhanden. Bei Beginn der Bewegung schaltet der eine Steuerschalter (s_2) den Überwachungsmagneten e von der einen Laufleitung (l_2) ab und den Motor an diese an, während der andere liegen bleibt (Fig. 23 b). Beim Schluß der Bewegung

schaltet der zweite Schalter (s_1) den Motor von der stromführenden Laufleitung (l_1) ab und den Überwachungsmagneten e an sie an (Fig. 23c). Schenkelwicklungen und Anker des Motor sind fest miteinander verbunden. Beim Aufschneiden der Weiche in der Lage nach Fig. 23a wird der Steuerschalter s_2 in die Lage nach Fig. 23d überführt. Der Überwachungstrom wird unterbrochen. Es ist der Stromkreis $+ b\ h\ l_2\ s_2\ w_2\ a - b$ geschlossen. Der Motor kann aber noch nicht anlaufen, da nur die schwache Überwachungsbatterie (vgl. S. 359) in den Stromkreis eingeschaltet ist. Um eine noch weitergehende Sicherung gegen ein Anlaufen des Motors zu schaffen, ist die hinter der Überwachungsbatterie liegende Schmelzsicherung so schwach gehalten, daß sie zwar den Überwachungstrom, welcher infolge des hohen Widerstandes des Überwachungsmagneten nur sehr schwach ist (etwa 0·07 Ampere), aushält, aber bei dem nach der Aufschneidung durch sie fließenden Strom von etwa 0·5 Ampere, welcher nur durch die eine Laufleitung, die eine Schenkelwicklung und den Anker des Motors fließt, sicher durchschmilzt.[1])

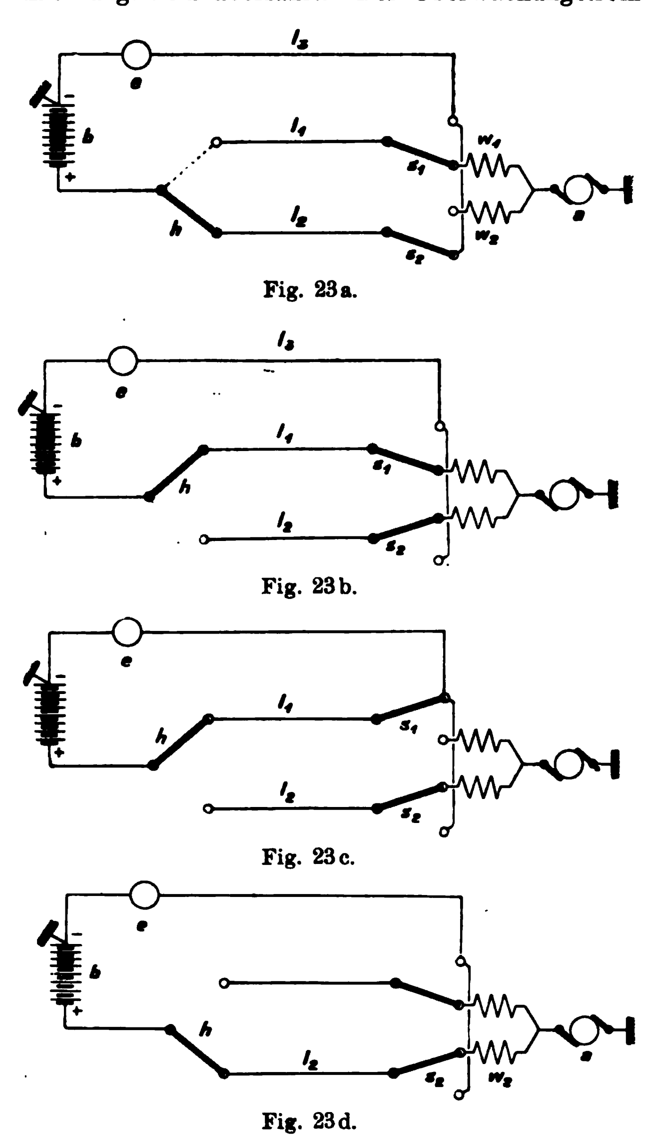


Fig. 23a.

Fig. 23b.

Fig. 23c.

Fig. 23d.

Eine **Ausführungsform dieser Schaltung** zeigen die Fig. 24a bis d, bei welchen ein Weichenantrieb in Verbindung mit dem Spitzenverschluß einer Weiche zur Erläuterung der einzelnen Schaltungsphasen mit dargestellt ist.

Fig. 24a. An dem Batteriewechsler des Weichenhebels c ist der Strom der Überwachungsbatterie (30 Volt) angeschaltet. Er fließt von dort über den Hebelschalter h durch die Kabelleitung l_2 zu dem Weichenantrieb über den

1) Vgl. hierzu S. 356.

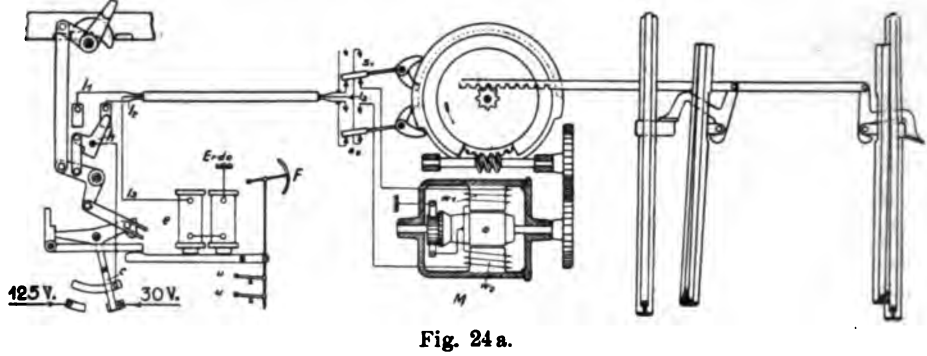


Fig. 24 a.

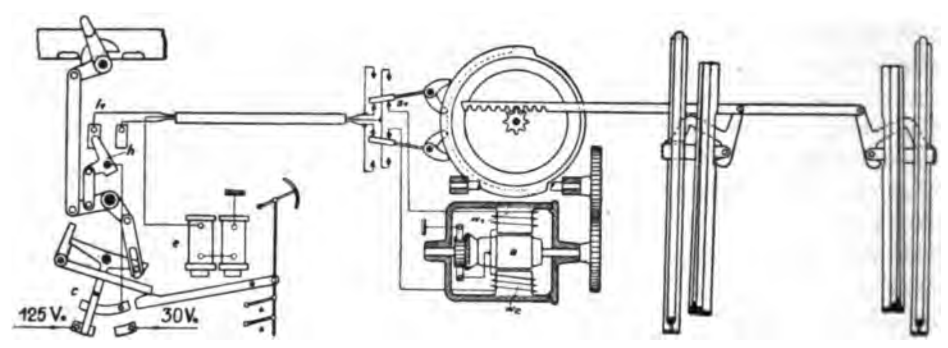


Fig. 24 b.

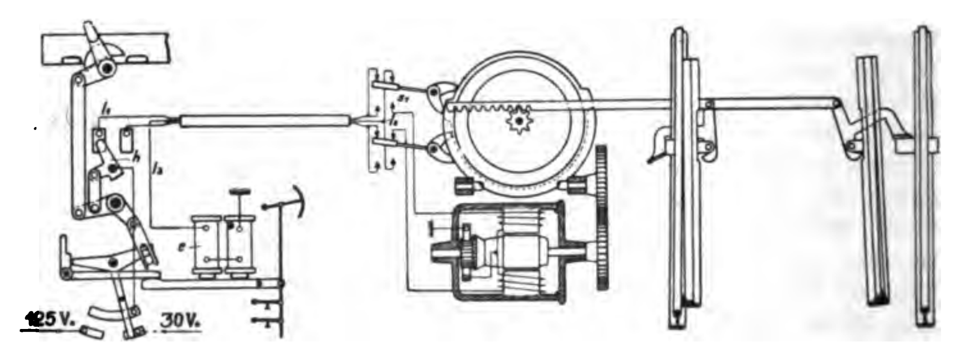


Fig. 24 c.

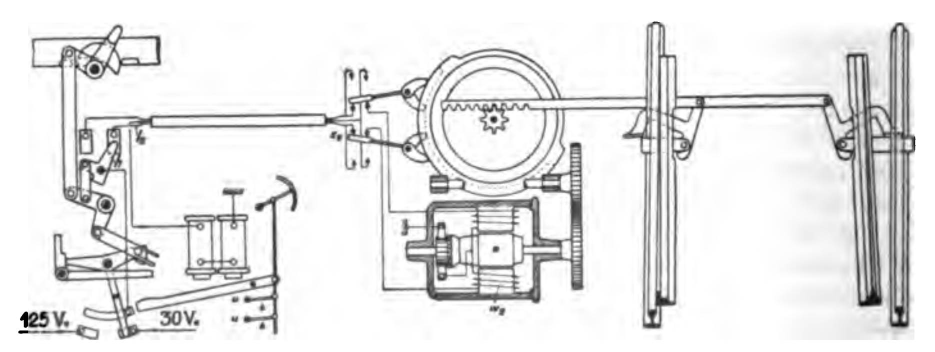


Fig. 24 d.

Kontakt s_2 am Steuerschalter durch die Überwachungsleitung l_3 im Kabel zurück zum Weichenschalter und durch den Überwachungsmagneten e zur Erde und zum anderen Batteriepol. Der Überwachungsmagnet hält seinen Anker an seinen Polen fest. Eine Farbscheibe F macht diese Stellung sichtbar. Die Überwachungskontakte u sind geschlossen.

Fig. 24b. Der Hebelschalter h ist umgelegt. Der Schalthebel des Batteriewechslers c hat die Arbeitsbatterie (125 Volt) angeschaltet. Der Überwachungstrom ist dadurch unterbrochen, der Überwachungsmagnet ist stromlos geworden und hat seinen Anker losgelassen. Die Überwachungskontakte sind geöffnet. Der Strom der Arbeitsbatterie fließt von dem einen Pol durch die Laufleitung l_1 über den Kontakt s_1 des Steuerschalters durch die eine Feldwicklung w_1 und den Anker a des Motors zur Erde und zum anderen Pol der Batterie. Der Motor läuft und verstellt die Weichenzungen (vgl. Fig. 23b).

Fig. 24c. Die Weiche ist umgestellt und verriegelt. Die Steuerscheibe des Antriebs hat den Steuerschalter s_1 s_2 verstellt. Der Arbeitstrom ist durch Schalter s_1 von dem Motor abgeschaltet und durch die Überwachungsleitung l_3 zu dem Überwachungsmagneten e geführt. Dieser hat seinen Anker wieder angezogen und dadurch den Batteriewechsler wieder auf die Überwachungsbatterie eingestellt. Der ständige Überwachungstrom fließt von neuem (vgl. Fig. 23c).

In Fig. 24d ist die Weiche in der Lage, nach Fig. 24a von einem Fahrzeug aufgeschnitten. Durch die Bewegung der Weichenzungen ist der Steuerschalter s_2 aus seiner Endlage gebracht. Dadurch ist an ihm der Überwachungstrom unterbrochen. Der Überwachungsmagnet ist stromlos, sein Anker abgefallen und die Überwachungskontakte sind geöffnet. Einer von ihnen schaltet dabei eine Klingel ein, welche ertönt und im Verein mit der Farbscheibe des Elektromagneten die Aufschneidung anzeigt.

Die gleichen Zeichen treten auf, wenn durch irgendwelche andere Störungen: Leitungsbruch, Batteriestörung, ungenügende Kontaktgebung, unvollendeter Weichenstellweg oder dergleichen der Überwachungstrom nicht zustande kommt oder unterbrochen wird.

In neuester Zeit (1906) ist diese Schaltung noch dadurch ergänzt, daß die **Lauf- und Überwachungsleitungen** durch besondere Schalter so lange **geerdet** werden, als sie nicht vom Arbeit- bzw. Überwachungstrom durchflossen sind. **Diese Maßnahme sichert die Anlage gegen jede Beeinflussung durch fremde Ströme.** Der Motor sowohl, wie der Überwachungsmagnet, welche mit ihrem einen Pol ständig an Erde liegen, werden durch die vorübergehende Erdung ihres anderen Pols in den Zeiten

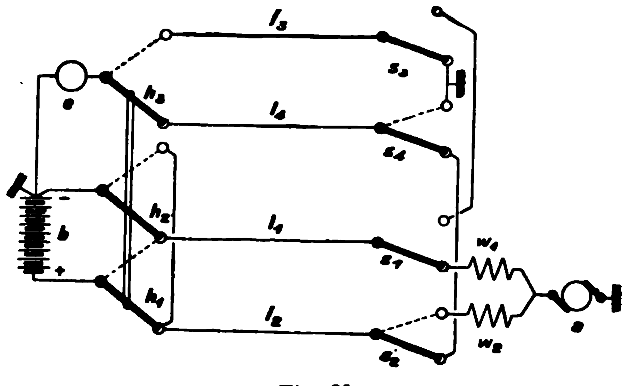


Fig. 25.

betriebsunfähig gemacht, in welchen sie stromlos sein müssen. Es werden dabei zwei vollständig getrennte Überwachungsleitungen benutzt.

Fig. 25 zeigt die hiernach sich ergebende Ausführung der Schaltung. Der Überwachungsmagnet e wird durch einen Hebelschalter h_3 abwechselnd an die eine oder andere Überwachungsleitung l_3 l_4 angelegt. Während der Überwachungstrom fließt, ist der Motor mit seinen beiden Polen geerdet (Erde h_2 l_1 w_1 a Erde). Sobald der Stellhebel umgelegt ist (punktierte Lage der Hebelschalter), ist der Arbeitstromkreis $+ b\ h_1\ l_1\ s_1\ w_1\ a - b$ geschlossen, der Überwachungsmagnet aber mit beiden Polen geerdet (Erde $e\ h_3\ l_3\ s_3$ Erde). Erst nach Beendigung des Stellweges wird durch Umstellen des Steuerschalters der Motor wieder beiderseitig geerdet (Erde h_2 l_2 s_2 w_2 a Erde) und der Überwachungstrom $+ b\ h_1\ l_1\ s_1\ l_3\ h_3\ e - b$ wieder hergestellt.

Der Schutz gegen eine gefährdende Beeinflussung der Anlage durch eigene oder fremde Ströme ist bei dieser Schaltung am vollkommsten erreicht. Die Schaltung ist dabei übersichtlich und leicht ausführbar geblieben und entspricht in jeder Hinsicht den Betriebsbedürfnissen.

c) Signalschaltungen.

Bei den ersten Ausführungen der Signalantriebe (1893) ist eine zwangläufige Haltstellung des Signalflügels nicht vorgesehen. Der Signalflügel geht vielmehr durch sein Eigengewicht aus der Fahrt- in die Haltlage (vgl. S. 353). Um dies zu ermöglichen und den Flügel von dem Motor unabhängig zu machen, ist er an den Motor durch eine lösbare elektrische Kupplung angekuppelt. Für die Herstellung der Fahrtstellung des Flügels wird die Kupplung erregt, und infolgedessen der Flügel von dem Motor mitgenommen. Durch Unterbrechung des durch die Kupplung fließenden Stromes wird die Verbindung zwischen Motor und Flügel aufgehoben und der letztere sich selbst überlassen.

Nachdem der Motor den Signalflügel in die Fahrtstellung gebracht hat, schaltet er sich selbst von der Stromquelle ab. Der Kuppelmagnet bleibt aber noch erregt. Der Signalflügel bleibt daher in der Fahrtstellung. Für die Haltstellung des Signals wird der Stellhebel zurückgelegt und dadurch der Kuppelstrom geöffnet. Der Signalflügel fällt selbsttätig auf Halt.

Der größte Mangel dieses Signalantriebes ist das Fehlen der Zwangläufigkeit für die Haltstellung des Signals. Wie bereits bei den Streckensignalen (S. 344) hervorgehoben, liegt hierin eine bedenkliche Betriebsunsicherheit. Für die Betriebssicherheit ist es von größter Wichtigkeit, daß ein Signal auch wirklich Halt zeigt, wenn eine der Vorbedingungen für die Fahrtstellung nicht mehr vorhanden ist, in erster Linie also, wenn der Signalhebel bereits wieder in der Haltstellung steht; denn für den Lokomotivführer bedeutet das Fahrtsignal, daß er ungefährdet weiterfahren darf.

Mit allen verfügbaren Mitteln muß daher danach gestrebt werden, die Haltstellung des Signals zu erzwingen und die Herbeiführung dieses Zustandes nicht nur der Wirkung eines Gewichts zu überlassen. In den deutschen Signalsystemen ist deswegen die Zwangläufigkeit der Signalbewegung nach beiden Richtungen allgemein vorgesehen, während sie bei den übrigen Systemen nicht vorhanden ist. Der Vorzug der ersteren in diesem Punkte ist unbestreitbar.

In dieser Erkenntnis wurde auch bald ein Ersatz für den vorbeschriebenen Antrieb geschaffen. Der Motor des verbesserten Antriebes wird durch zwei

Leitungen für die Hin- und Herbewegung, wie bei der Weichenschaltung Fig. 18a u. b, mit dem Stellhebel verbunden. Zwischen diesen Leitungen liegt der Überwachungsmagnet Fig. 26.

In der Grundstellung fließt der Überwachungstrom $+ b\, h\, e\, l_2\, s\, a\, w - b$. Durch Umlegen des Hebelschalters h erhält der Motor auf dem Wege $+ b\, h\, l_2\, s\, a\, w - b$ Strom, um den Signalflügel auf Fahrt zu ziehen. Nach Erreichen der Fahrtstellung wird er durch den Steuerschalter s von der Leitung l_2 abgeschaltet und stillgesetzt. Der Überwachungstrom erscheint wieder $+ b\, h\, e\, l_1\, a\, w - b$.

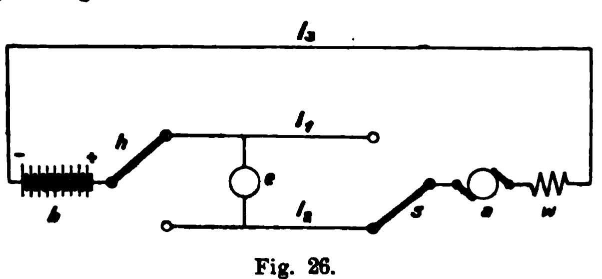


Fig. 26.

Durch Zurücklegen des Signalhebels wird ihm über die andere Laufleitung der Strom $+ b\, h\, l_1\, s\, a\, w - b$ zugeführt. Er läuft infolgedessen weiter und zieht den Signalflügel auf Halt, worauf er durch Abschaltung von der Leitung l_1 wieder zum Stillstande kommt. Die Umkehr der Bewegung des Signalflügels geschieht durch eine zwischen Motor und Flügel eingeschaltete Kurbelschleife. Sowohl die Fahrt- wie die Haltstellung erfolgt also zwangläufig.

Diese Art, die Bewegungsrichtung des Signalflügels zu ändern, hat nur wenig Anwendung gefunden. Konstruktive Schwierigkeiten und der Wunsch, die Signal- und Weichenstellvorrichtungen, soweit bei ihnen die gleichen Aufgaben zu lösen sind, möglichst gleichartig auszubilden, haben dazu geführt, daß für die Signalmotoren die gleichen Konstruktionen und Schaltungen (Fig. 16, 18, 21, 22, 23), wie für die Weichenmotoren verwendet werden.

Für die Herstellung der Abhängigkeiten zwischen den Signalen und Weichen in der Weise, daß ein Signal nur auf Fahrt stehen kann, wenn die Weichen seiner Fahrstraße in der richtigen Lage und in ordnungsmäßigem Zustand liegen, werden die Überwachungsmagnete der Weichen benutzt (vgl. S. 353). Diese Magnete sind, wie bei den Weichenschaltungen beschrieben, nur so lange erregt, als ihre Weichen in ordnungsmäßiger, mit derjenigen ihrer Stellhebel übereinstimmender Lage sich befinden.

Die Lage einer Weiche ist dabei unmittelbar an dem Überwachungsmagneten zu erkennen, wenn, wie Fig. 15a u. b, für jede Endlage ein besonderer Überwachungsmagnet vorhanden ist. Ist aber, wie üblich (vgl. Fig. 16ff.) nur ein gemeinsamer Überwachungsmagnet für beide Endlagen angeordnet, so gehört außer der Prüfung des Vorhandenseins des Überwachungstroms noch diejenige der Stellhebellage dazu, um festzustellen, in welcher ihrer Endlagen die Weiche steht.

Das Vorhandensein des Überwachungstroms zeigt sich außer durch eine Farbscheibe am Anker des Überwachungsmagneten durch den Schluß der von dem Anker gesteuerten Überwachungskontakte an (vgl. S. 358). Über diese Kontakte werden die Signalströme der von der Weiche abhängigen Signale geführt und infolgedessen nur so lange geschlossen gehalten, als die Überwachungstromkreise bestehen.

Bei den ersten Ausführungen waren es die Signalmotorströme selbst, welche über die Kontakte dem Motor zugeführt wurden. Wird einer der Überwachungskontakte bei auf Fahrt stehendem Signal unterbrochen,

so wird genau, als wenn der Signalhebel in die Grundstellung zurückgelegt wird, der Strom zu der Signalkupplung unterbrochen und die Haltstellung des Signals veranlaßt.

Diese Überführung der Motorströme über die Überwachungskontakte ist wenig empfehlenswert. Sie erschwert vor allem die Ausbildung der Kontakte. Diese müssen als Starkstromkontakte ausgebildet werden, große Kontaktflächen erhalten und wegen des Unterbrechungsfunkens, welcher bei Unterbrechung des Überwachungsstroms während des Laufens des Signalmotors auftritt, große Wege machen. Dies bedingt eine ziemlich beträchtliche Arbeitsleistung des Überwachungsmagneten zum Schließen der Kontakte. Auch ergeben sich hieraus Unbequemlichkeiten für die Isolation der Stellwerkteile und die Sicherung gegen größere Kurzschlüsse im Stellwerk.

Bei den späteren Ausführungen sind daher die Signalabhängigkeiten auf andere Weise hergestellt. Es wird dazu die bereits S. 368 erwähnte elektrische Signalflügelkupplung benutzt. Sie stellt eine jederzeit lösbare Verbindung zwischen Flügel und Motor her. Nur solange durch ihren Elektromagneten Strom — Kuppelstrom — von genügender Stärke fließt, folgt der Flügel der Bewegung des Motors, anderenfalls verbleibt er in der Haltstellung oder geht selbsttätig in diese. Der Kuppelstrom wird über die Überwachungskontakte — auch Kuppelstromkontakte genannt — geführt, und so die Fahrtstellung der Signalflügel von der Lage der Weichen abhängig gemacht. Der Signalmotorstromkreis bleibt unbeeinflußt von der Weichenlage.

Die Kuppelströme sind nur von geringer Stärke, so daß sich die Kontakte in sehr einfacher Weise ausbilden lassen und zum Schließen nur geringe Kraft beanspruchen. Mit ihrer Hilfe lassen sich noch weitere wichtige Signalabhängigkeiten durchführen. In vielen Fällen ist es z. B. wünschenswert und erforderlich, die Signalstellung von der Zustimmung gewisser Dienststellen auf dem Bahnhof abhängig zu machen. Hierzu braucht man nur die Kuppelströme über Unterbrecher an diesen Stellen zu führen. Dadurch können sie offen gehalten und so eine Fahrtstellung des Signals verhindert werden. Derartige Zustimmungen kommen namentlich auf größeren Bahnhöfen zahlreich vor und würden ohne Benutzung der Kuppelströme umständliche Konstruktionen erfordern.

Überhaupt ermöglicht die Einführung der Signalkuppelströme in die Stellwerkanlagen die Durchführung jeder wünschenswerten Signalabhängigkeit, ohne dabei irgendwelche für den Betrieb unbequeme verwickelte Konstruktionen zu erfordern. Ihre Anwendung und volle Ausnutzung, wie sie im Siemens-System geschieht, bedeutet daher einen großen Fortschritt in der Geschichte der Stellwerkanlagen.

Wird also so die Sicherheit geschaffen, daß die Fahrstraße eingestellt sein muß, bevor das Signal gezogen werden kann, und daß bei Änderungen der Fahrstraßen oder bei auftretenden Störungen in derselben die Fahrtstellung des Signals ausgeschlossen ist, so ist der dadurch geschaffene Schutz für die Zugfahrten doch nur so lange wirksam, als der Zug sich noch vor dem Signal befindet. Ist er bereits an dem Signal vorbeigefahren, so kann ihn das hinter ihm erscheinende Haltsignal in seiner Fahrt nicht mehr aufhalten. Es müssen daher besondere Maßregeln getroffen sein, um

eine Änderung in der Fahrstraße nach Vorbeifahrt des Zuges an dem Signale bis nach Beendigung der Zugfahrt zu verhindern.

Zu diesem Zwecke sind bei den deutschen Systemen allgemein zwischen die Weichen- und Signalhebel besondere Verschlußhebel — die Fahrstraßenhebel — eingeschaltet. Der Fahrstraßenhebel verschließt in der Grundstellung den Signalhebel der Fahrstraße. Er kann aus der Grundstellung nur bewegt werden, wenn die Hebel der Weichen der Fahrstraße in der für die Signalstellung richtigen Lage liegen. Er verschließt, wenn er umgelegt wird, die Weichenhebel und gibt den Signalhebel frei. Solange also der Fahrstraßenhebel umgelegt ist, kann eine Änderung in der Fahrstraße durch Umlegen eines Stellhebels nicht vorgenommen werden. Um ein zu frühes Zurücklegen des Fahrstraßenhebels und damit eine vorzeitige Freigabe der Weichenhebel zu verhüten, wird der Hebel während der Dauer der Zugfahrt festgelegt.

Bei dem Siemens-System tritt die Festlegung des Fahrstraßenhebels selbsttätig beim Umlegen des Hebels ein. An dem Hebel befindet sich zu diesem Zwecke eine elektrisch auslösbare Sperre, welche den Hebel so lange in der umgelegten Lage festhält, bis Strom von genügender Stärke durch den Elektromagneten der Sperre — den Fahrstraßensperrmagneten — fließt und dadurch die Sperrung aufhebt.

Damit das Signal nicht früher auf Fahrt gestellt werden kann, als bis dieser Verschluß eingetreten ist, wird der Signalkuppelstrom über Kontakte geführt, von denen der eine beim Umlegen des Fahrstraßenhebels, der andere nach dessen erfolgter Festlegung geschlossen wird. Der letztere wird durch den Anker des Sperrmagneten gesteuert.

Der Kuppelstrom prüft also nach obigen, ob alle Voraussetzungen für die Fahrtstellung bestehen, bevor er den Signalflügel an den Signalmotor ankuppelt. Er wird dazu über Zustimmungsschalter an denjenigen Dienststellen geführt, ohne deren Wissen und Willen das Signal nicht gestellt werden soll; er wird weiter über Kontakte geleitet, von welchen der Zustand der Fahrstraße, die Stellung der Weichen und der Verschluß ihrer Hebel überwacht wird. Nachdem er so alle Punkte nacheinander überprüft hat, wird er gewöhnlich nicht unmittelbar in die Flügelkupplung des Signals geschickt, sondern fließt zunächst nur zu einem Elektromagneten an dem Signalhebel — dem Signalsperrmagneten — und zeigt durch die Stellung dessen Ankers dem Stellwärter an, daß das Signal auf Fahrt gezogen werden kann. Dieser Elektromagnet ist mit einem Sperrhebel verbunden, welcher bei stromlosem Magneten, also wenn noch kein Kuppelstrom fließt, weil noch nicht alle Bedingungen für die Fahrtstellung des Signals erfüllt sind, den Signalhebel festhält, um ein unnützes Umlegen des Hebels zu verhüten. Erst beim Umlegen des frei gewordenen Hebels wird der Kuppelstrom der Flügelkupplung zugeführt.

Der Kuppelstrom bleibt, wenn keine Störungen auftreten, so lange erhalten, bis nach erfolgter Zugfahrt der Verschluß der Fahrstraße aufgehoben wird. Dies geschieht entweder durch Schließen eines Kontaktes durch einen Beamten, welcher die Durchfahrt des Zuges überwacht, oder in den meisten Fällen durch den Zug selbst, indem durch diesen ein Stromkreis — der Auflösestrom — durch den Fahrstraßensperrmagneten geschlossen wird.

d) Fahrstraßenschaltungen.

Im nachstehenden soll an einem Beispiel die Führung der Signalkuppelströme im Zusammenhang mit der Fahrstraßenschaltung veranschaulicht werden (Fig. 27).

Es soll zunächst eine Fahrt mit dem zweiflügligen Signal *A 1/2*[1]) beschrieben werden. Der Fahrstraßenhebel im Stellwerk legt nach links umgelegt die Weichenstellhebel der Fahrstraße a_1 mit dem einflügligen Signal, und nach rechts umgelegt, diejenigen der Fahrstraße a_2 mit dem zweiflügligen Signal fest und gibt beide Male denselben Signalstellhebel frei. Zu der Fahrt a_2 muß die Zustimmung des Stationsbeamten eingetroffen sein. Für die Bewegung nach rechts ist daher der Fahrstraßenhebel in seiner Grundstellung durch den Fahrstraßensperrmagneten a_2 gesperrt. Zur Freigabe des Hebels muß ein Freigabestrom durch den Magneten a_2 geschlossen werden. Der Freigabestrom fließt von dem + Pol der 24 Volt Batterie über den umgelegten Freigabehebel *42* der Station, den Unterbrecher *43/44* durch die Leitung *45* über den Fahrstraßenkontakt *46* zu dem Sperrmagnet a_2 nach dem geerdeten — Pol. Der Sperrmagnet zieht seinen Anker an und gibt damit den Fahrstraßenhebel zu einer Bewegung nach rechts frei. Der Hebel wird umgelegt und dadurch der durch die Leitung *45* ankommende Strom in die Leitung *51* und nach dem Elektromagneten *52* im Stationsapparat gesendet. Der Magnet öffnet den Kontakt *43/44* wieder, wodurch die nochmalige Benutzung der Fahrstraßenfreigabe ohne Mitwirkung des Stationsbeamten ausgeschlossen ist. Gleichzeitig ist ein durch die Leitung *53* vom Stellwerk der Station zugeführter Strom durch den Sperrmagneten *55* unterbrochen. Der Anker des Magneten sperrt infolgedessen den umgelegten Freigabeschalter *42*.

Durch Umlegen und Sperrung des Fahrstraßenhebels ist der Signalkuppelstrom für das zweiflüglige Signal geschlossen. Er fließt von + *24 V* über den Weichenüberwachungskontakt *12* durch die Leitung *62* über den Fahrstraßenkontakt *14* zu dem Sperrmagneten *15* des Signalhebels zu — *24 V*. Der von dem Anker des Sperrmagneten festgehaltene Signalstellhebel wird frei. Der Hebel wird umgelegt und schaltet über den Kontakt *17* den Kuppelstrom durch die Leitung *18* über einen Fahrstraßenkontakt in die Leitung *63* und über den Ankerkontakt *64* des Fahrstraßensperrmagneten a_2, welcher die Sperrung des Fahrstraßenhebels überprüft, in die Leitung *65* zum Signalantrieb. Hier durchfließt er nacheinander die Kupplung des zweiten und ersten Flügels und geht dann zur Erde und zurück zu dem negativen Batteriepol.

Läuft der Signalmotor, so zieht er dementsprechend beide Signalflügel in die Fahrtstellung. Die Schaltung des Signalmotors ist die nach Fig. 23 (vgl. S. 365). Da das Signal mit einem Vorsignal[2]) zusammenarbeitet,

---

1) Das Beispiel zeigt ein zweiflügliges Signal, mit welchem zwei Signalbilder gegeben werden können: entweder ein einflügliges mit dem oberen um 45° nach aufwärts gerichteten Flügel, oder ein zweiflügliges mit den beiden um 45° nach aufwärts gerichteten Flügeln. Jedes Signalbild signalisiert eine Fahrstraße. Derartige Signale sind bei den deutschen Signalsystemen allgemein üblich. Außer den ein- und zweiflügligen werden noch dreiflüglige Signale für drei Fahrstraßen verwendet, bei denen die dritte Fahrstraße durch die drei um 45° nach aufwärts stehenden Flügel signalisiert wird.

2) Vgl. S. 338.

so erhält die Flügelkupplung *33* desselben Strom, sobald das Hauptsignal *A 1/2*, dessen Stellung es nachahmt, auf Fahrt gegangen ist. Hierfür ist an dem oberen Flügel ein Kontakt *29* angeordnet, der bei auf Fahrt stehendem Flügel geschlossen ist. Der Kuppelstrom des Vorsignals fließt dann vom Stellwerk über einen Rückmeldemagneten *30* durch die Leitung *31* über den Flügelkontakt *29* durch die Leitung *32* zu dem Kuppelmagneten *33*. Der Rückmeldemagnet *30* dient dabei zur Anzeige der Stellung des Hauptsignals. Der Motor des Vorsignals erhält seinen Arbeitstrom über die Steuerkontakte *34* und *35* des Hauptsignalmotors, sobald dieser in die Fahrtstellung gelaufen ist.

Die Auflösung der Fahrstraßenfestlegung für die Fahrt a_2 geschieht selbsttätig durch den Zug und zwar erst, nachdem dieser mit seiner letzten Achse eine Stromschlußvorrichtung am Gleis befahren hat. Diese Stromschlußvorrichtung besteht aus einem Schienenkontakt und einer sogenannten isolierten Schiene. Unter letzterer versteht man eine oder mehrere Schienenlängen des Fahrgleises, welche von dem übrigen Gleis dadurch isoliert sind, daß sie auf hölzernen Schwellen verlegt und mit den Nachbarschienen durch hölzerne Laschen anstatt der üblichen eisernen verbunden sind. Von einer wirklichen Isolation ist hierbei keine Rede, der Isolationswiderstand gegen das nicht isolierte Gleis ist vielmehr oft sehr niedrig bis herab zu 25 Ohm. Er genügt aber, um, in einen Stromkreis von niedriger Spannung eingeschaltet, diesen so zu beeinflussen, daß ein in dem Stromkreis liegender Elektromagnet bei vorhandenem Widerstand seinen Anker nicht anziehen kann, ihn aber bei ausgeschaltetem Widerstand anzieht und dadurch weitere Stromwege schließt. Die Aus- und Einschaltung des Isolationswiderstandes geschieht dadurch, daß die über die isolierte Schiene fahrenden Fahrzeugachsen diese mit der gegenüberliegenden nicht isolierten Schiene metallisch leitend verbinden, und diese Verbindung erst wieder aufgehoben wird, wenn die Achsen die Schiene wieder verlassen haben. Die mit der isolierten Schiene zusammenarbeitende Batterie liegt mit ihrem einen Pol an Erde und ist dadurch an die ebenfalls geerdete gegenüberliegende Schiene angeschaltet. Der Isolationswiderstand liegt also in dem Stromkreis der Batterie, wenn kein Fahrzeug sich auf der isolierten Schiene befindet.

Da die Einwirkung der Zugachsen auf einen Stromkreis beim Befahren einer isolierten Schiene zufällig oder absichtlich dadurch nachgeahmt werden kann, daß eine metallische Verbindung zwischen ihr und der Nachbarschiene hergestellt wird, so ist sie allein für Eisenbahnsicherungen nicht zu verwenden. Sie wird daher meist in Zusammenschaltung mit einem Schienenkontakt, welcher nur durch die Einwirkung eines Eisenbahnfahrzeuges betätigt wird, benutzt. In der Fig. 27 ist *St* der Schienenkontakt, S^1 die isolierte Schiene. Der Schienenkontakt ist an der isolierten Schiene befestigt. Das Schließen des Kontaktes durch eine über ihn rollende Fahrzeugachse geschieht also, während der Isolationswiderstand durch diese überbrückt ist.

Sobald der Schienenkontakt durch eine Achse geschlossen ist, erhält ein Magnetschalter *57* im Stellwerk bei umgelegtem Fahrstraßenhebel auf dem Wege: Erde *St 70 57 69 68 24 V* Erde Strom. Er schließt dabei zwei Kontakte *58* und *59* in den zwei nach der isolierten Schiene führenden Leitungen *60* und *61*. Es entsteht dadurch ein neuer Stromkreis von der *24 V* Batterie über *68 69 57 70 59 61* zu der isolierten Schiene und von

hier durch die Achsen des fahrenden Zuges zur Erde. An der isolierten Schiene findet allerdings noch eine Stromverzweigung durch die zweite Leitung *60* über den Fahrstraßensperrmagnet a_2 zur Erde statt. Der in diesem Zweige fließende Strom ist aber vollständig zu vernachlässigen, da sein Widerstand im Verhältnis zu dem Widerstand des anderen Stromzweiges. der nur aus dem Leitungswiderstande der Fahrzeugachsen besteht, praktisch unendlich groß ist. Dieser Zustand in den Stromkreisen bleibt bestehen, solange sich noch eine Achse auf der isolierten Schiene befindet. Hat die letzte Zugachse die Schiene verlassen und ist dadurch ihr Isolationswiderstand wieder eingeschaltet, so wird der Strom in dem Zweig, in welchem der Fahrstraßensperrmagnet liegt, so groß, daß letzterer seinen Anker anzieht und damit den Verschluß des Hebels aufhebt.

Zur Einleitung des Auflösestromes ist also der Kontaktschluß im Schienenkontakt erforderlich, zur Verzögerung seiner Wirkung dient die isolierte Schiene.

Für die einflüglige Fahrt a_1 ist eine Stationszustimmung nicht vorgesehen. Der Fahrstraßenhebel kann daher nach links nach Einstellung der zugehörigen Weichenhebel ohne weiteres umgelegt werden. In der umgelegten Lage wird er aber durch den abgefallenen Anker des Sperrmagneten a_1 festgelegt. Der Kuppelstrom wird nur der Kupplung *65* des oberen Flügels von dem Signalschalter aus über *18 19 20 21* zugeführt. Die Auflösung der Fahrstraße a_1 wird durch Umlegen eines Schalthebels *1* vorgenommen, indem dabei durch die Leitung *2* dem Sperrmagneten a_1 unmittelbar Auflösestrom zugeführt wird.

e) Weichenantriebe.

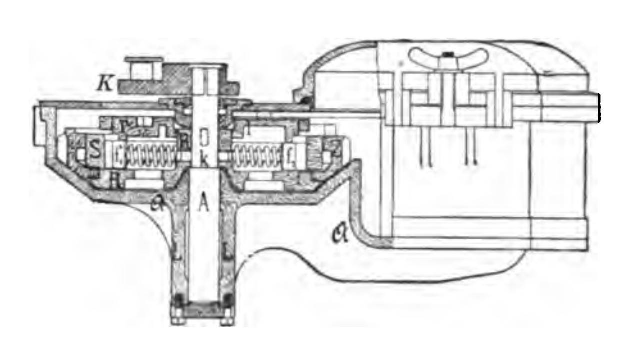
Der erste betriebsfähige Weichenantrieb der Bauart Siemens wurde auf der Elektrotechnischen Ausstellung zu Frankfurt a. M. im Jahre 1891 vorgeführt.[1]) Er ist der erste, der zur Verwendung auf deutschen Bahnen vorgeschlagen ist, ist aber nicht in den Eisenbahnbetrieb eingeführt worden. Bei ihm wird zur Umstellung der Weiche durch einen Motor eine Schraubenspindel verdreht, auf welcher eine Schraubenmuffe gleitet. Die Muffe ist an einer Drehung verhindert. An ihr greifen Stangen an, welche die Weichenzungen verschieben.

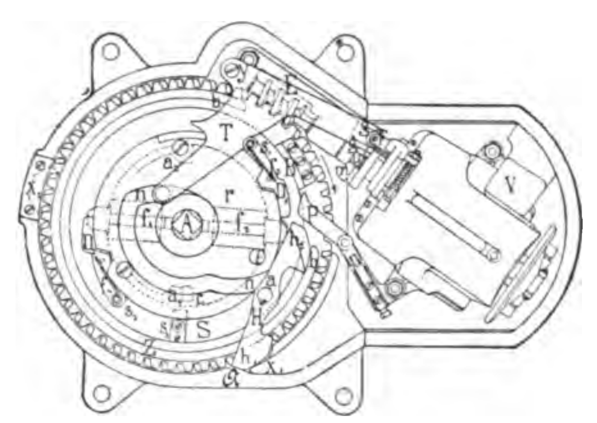
Die ersten in größerem Umfange in Betrieb genommenen und gebliebenen Weichenantriebe sind nach den Fig. 28a bis c gebaut.

Die Antriebsteile liegen mit dem Motor in einem gußeisernen Gehäuse a, aus welchem eine Kurbel K herausragt. An ihr greift ein zu den Weichenzungen führendes Gestänge an, um die Weiche hin- und herzustellen. Die Kurbel steckt auf einer Achse A und wird durch ein Schneckengetriebe — Schnecke E und Schneckenkranz Z — gedreht. Zwischen Achse und Schneckengetriebe ist eine Federkupplung eingeschaltet. Sie besteht aus einer auf der Achse aufgekeilten Rolle R, zwei in ihr gelagerten Kupplungskeilen f_1 f_2 und einem Ringe S, in welchen die Kupplungskeile durch Federn eingedrückt werden. Zur Mitnahme des Ringes durch das Schneckengetriebe ist auf dem Schneckenkranz ein Mitnehmerstück B aufgeschraubt und in dem Ringe mit einem Zapfen a ein Doppelhaken H drehbar gelagert.

1) Siehe Kohlfürst, Die elektrischen Telegraphen- und Signalmittel für Eisenbahnen auf der Frankfurter elektrotechnischen Ausstellung 1891.

In der Grundstellung (Fig. 28 b) liegen Mitnehmerstück und Haken ohne Eingriff miteinander. Wird der Schneckenkranz im Uhrzeigersinn gedreht, so stößt das Mitnehmerstück nach einem Leerweg gegen das eine Hakenende (h_1) und dreht dadurch zunächst den Haken um seinen Drehzapfen, bis das andere Hakenende (h_2) sich gegen die innere Gehäusewand legt. Da in dieser Lage der Haken sich nicht mehr um seine Achse drehen kann, so nimmt er an der weiteren Bewegung des Schneckenkranzes um die Hauptachse A teil (Fig. 28 c) und dreht diese und die Antriebkurbel K. Die Weiche wird verstellt. Hat die Kurbel einen für die Umstellung und Verriegelung genügenden Weg zurückgelegt, so befindet sich das eine Hakenende, welches bis dahin an der Gehäusewand geführt ist (h_2) vor einer Lücke (r_2) in der Wand und wird durch das sich weiter bewegende Mitnehmerstück in sie hineingedrückt. Der Haken dreht sich dabei um seinen Zapfen. Ring S, Scheibe R und Hauptachse A bleiben stehen. Das Schneckengetriebe kommt nach Ausschaltung des Arbeitstroms zur Ruhe (Schaltung vgl. Fig. 17).





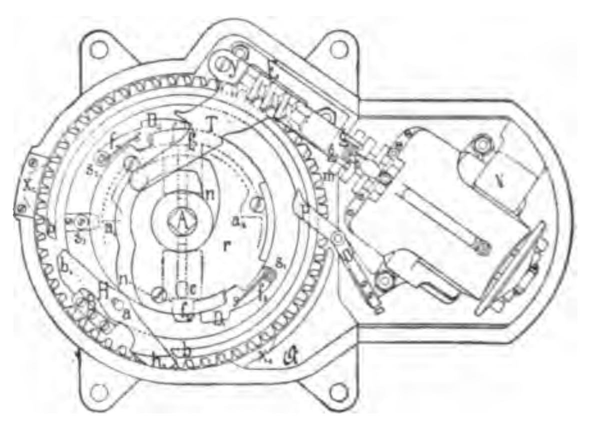


Fig. 28 a/b/c.

Bei der Bewegung in der anderen Richtung nimmt das Mitnehmerstück den Doppelhaken an seinem anderen Ende (h_2) mit. Das vorher zur Mitnahme benutzte Ende (h_1) findet in dem Gehäuse Führung und verhindert das Verdrehen des Hakens vor Beendigung des Stellweges.

Um eine zu große Verdrehung der Achse A zu verhindern, hat die Rolle S zwei Anschläge a_1 a_2, welche gegen einen festen Anschlag c im Gehäuse schlagen.

Der Doppelhaken wird durch eine Leiste b auf dem Schneckenkranz in

seinen Endlagen fest verriegelt. Er liegt in diesen Lagen mit einem seiner Haken so in den Lücken (x_1 oder x_2) in der Gehäusewand, daß er ein Verdrehen des Ringes S ohne vorhergegangene eigene Drehung verhindert.

Die federnde Kupplung zwischen Schneckengetriebe und Hauptachse macht den Antrieb aufschneidbar. Wird in einer der Endlagen der Weiche durch ein von rückwärts die Weiche auffahrendes Fahrzeug ein Druck auf die Antriebskurbel ausgeübt, so dreht dieser die Achse und die auf ihm aufgekeilte Rolle gegen den durch den Doppelhaken verriegelten Ring, indem die Kuppelkeile f_1 f_2 unter Zusammenpressung ihrer Federn nach innen in die Rolle gedrückt werden. Auf diese Weise sind die Weichenzungen von dem Getriebe gelöst. Bei der Trennung der Rolle von dem Ring



Fig. 29.

sind die auf letzterem gelagerten und unter Federdruck in Einschnitten der Rolle liegenden Daumen D_1 D_2 nach außen gedreht. Dabei schlägt einer von ihnen, je nachdem der Antrieb in seiner einen oder anderen Endlage liegt, den Schaltdaumen P beiseite und öffnet einen von diesen geschlossen gehaltenen Kontakt, den Aufschneidekontakt, in der Motorrückleitung, wodurch die Aufschneidung im Stellwerk angezeigt wird (s. S. 362). Um den ordnungsmäßigen Zustand des Weichenantriebes wieder herzustellen, werden die Weichenzungen und die mit ihnen fest verbundenen Antriebteile mit Hilfe eines besonderen Werkzeuges in ihre alte Lage zurückgeholt.

Die Trennung des Triebwerkes tritt auch in dem Falle auf, daß sich der Bewegung der Weiche in eine ihrer Endlagen irgendwelche Hindernisse entgegenstellen, zu deren Beseitigung die über die Kuppelung zu übertragenden Kräfte nicht ausreichen. Alsdann bleibt die Rolle R stehen, während sich die übrigen Teile zunächst weiterbewegen. Die Daumen D_1 D_2 werden ausgerückt und der Motorrückstrom in gleicher Weise, wie beim Aufschneiden, unterbrochen.

Die Schnecke E ist durch eine einfache Kupplung mit dem Anker des Antriebmotors verbunden. Dieser ist ein Reihenschlußmotor mit Ring-

anker und offner Magnetanordnung (Fig. 29) für eine Spannung von etwa 100 Volt gewickelt. Unter gewöhnlichen Verhältnissen verbraucht er für das Umstellen einer Weiche etwa 8 Amp. Auf dem Magnetgestell ist eine einzige Schenkelwickelung angebracht. Die Umkehr der Bewegungsrichtung geschieht durch Umkehr der Stromrichtung in dem Anker. Hierfür besitzt der Motor zwei Bürstenpaare, welche in den Endlagen des Antriebes abwechselnd auf dem Kollektor aufliegen (vgl. S. 355).

Die Steuerung der Bürsten erfolgt durch eine fest mit der Rolle R verbundene Steuerscheibe r und einen Steuerhebel T, welcher um einen Zapfen y im Gehäuse drehbar ist. In der Scheibe ist eine Hubkurve nn. In diese greift der Steuerhebel mit einem Röllchen an seinem einen Arm ein. Mit seinem anderen gabelförmig auslaufenden Arm gg umgreift er eine Rolle an dem Schalthebel H des Motors. Der Schalthebel führt den Bürstenwechsel durch Vermittelung von zwei Abdrückhebeln K und W herbei (Fig. 30a). Die drei Hebel sitzen lose auf der Welle des Motorankers. Zwischen dem Schalthebel und dem Abdrückhebel K ist eine Druckfeder F angeordnet, welche auf einem Stift h aufgewickelt ist. Der Stift ist in dem Abdrückhebel K drehbar gelagert und kann sich in einer drehbaren Hülse g des Schalthebels verschieben. Die Hebel K und W nehmen einander durch die Ansätze a und $b\ b'$ mit. Infolge des Spielraumes zwischen den Ansätzen können sie sich auf einem Teil ihres Weges unabhängig voneinander bewegen. Sie tragen Rollen $r_1\ r_2$, mit welchen sie die Bürsten von dem Kollektor, gegen welchen sie durch Federn $f_1\ f_2$ gepreßt werden, abheben. Der Hebel W steht noch unter dem Einfluß eines Sperrhebels B. Er ragt mit einem Ansatz c in Einschnitte $e\ d$ oder $e\ d^1$ dieses Hebels und wird dadurch in seiner Beweglichkeit beschränkt, sobald sich der Hebel in seiner oberen (punktierten) Lage befindet.

Die Wirkungsweise der Bürstenwechseleinrichtung bei einer Motorumstellung ist die folgende:

Dem Motor M wird durch eine der Zuleitungen (I) Strom zugeführt, welcher durch das eine Bürstenpaar ($I\ III^a$) und durch die Schenkelwicklung fließt und durch die Leitung III zur Stromquelle zurückkehrt. Der Motor beginnt zu laufen. Gleichzeitig wird infolge der Schenkelerregung die eiserne Platte A^1, welche an dem Hebel B befestigt ist, gegen die Magnetschenkel gezogen und an ihnen festgehalten. Hebel B liegt in seiner oberen Lage. Durch den Motor und das Schneckengetriebe wird, wie oben beschrieben, die Steuerscheibe (r) gedreht. Die Hubkurve auf derselben beeinflußt den Steuerhebel (T) so, daß der Schalthebel H während der zur Entriegelung der Weiche dienenden Bewegung des Antriebes aus der Ruhelage 1, 2 in die Lage 3 gelangt. Hierbei wird nur die Feder F gespannt, ohne daß eine weitere Veränderung an der Umschalteinrichtung eintritt, da der Hebel K durch den Hebel W, und dieser durch den Sperrhebel B am Ansatz c festgehalten wird. In dieser Lage bleiben die Hebel, bis nach erfolgter Umstellung und Verriegelung der Weiche die Steuerkurve dem Schalthebel eine weitere Bewegung bis in die Lage 4, 5^a erteilt. In dieser Lage drückt die Feder F in entgegengesetzter Richtung, wie bisher, gegen den Hebel K und dreht ihn so weit, bis sein Ansatz a gegen den Ansatz b' des Hebels W anliegt. Auf diesem Wege ist die Kontaktbürste I durch die Rolle r_1 abgehoben, die Bürste II dagegen frei geworden. Letztere hat sich infolgedessen auf den Kollektor aufgelegt. Es liegen nunmehr die Bürsten II

und III^a auf (Fig. 30 c). Da durch Abheben der Bürste *I* der Arbeitstrom unterbrochen ist (vgl. Schaltung Fig. 18), so hört die Schenkelerregung auf und die Platte *A* fällt mit dem Hebel *B* nach abwärts. Infolgedessen werden unter dem Druck der Feder *F* die Hebel *K* und *W* gemeinsam weiter bewegt, wodurch die Bürste III^a durch die Rolle r_2 abgehoben wird, und die Bürste

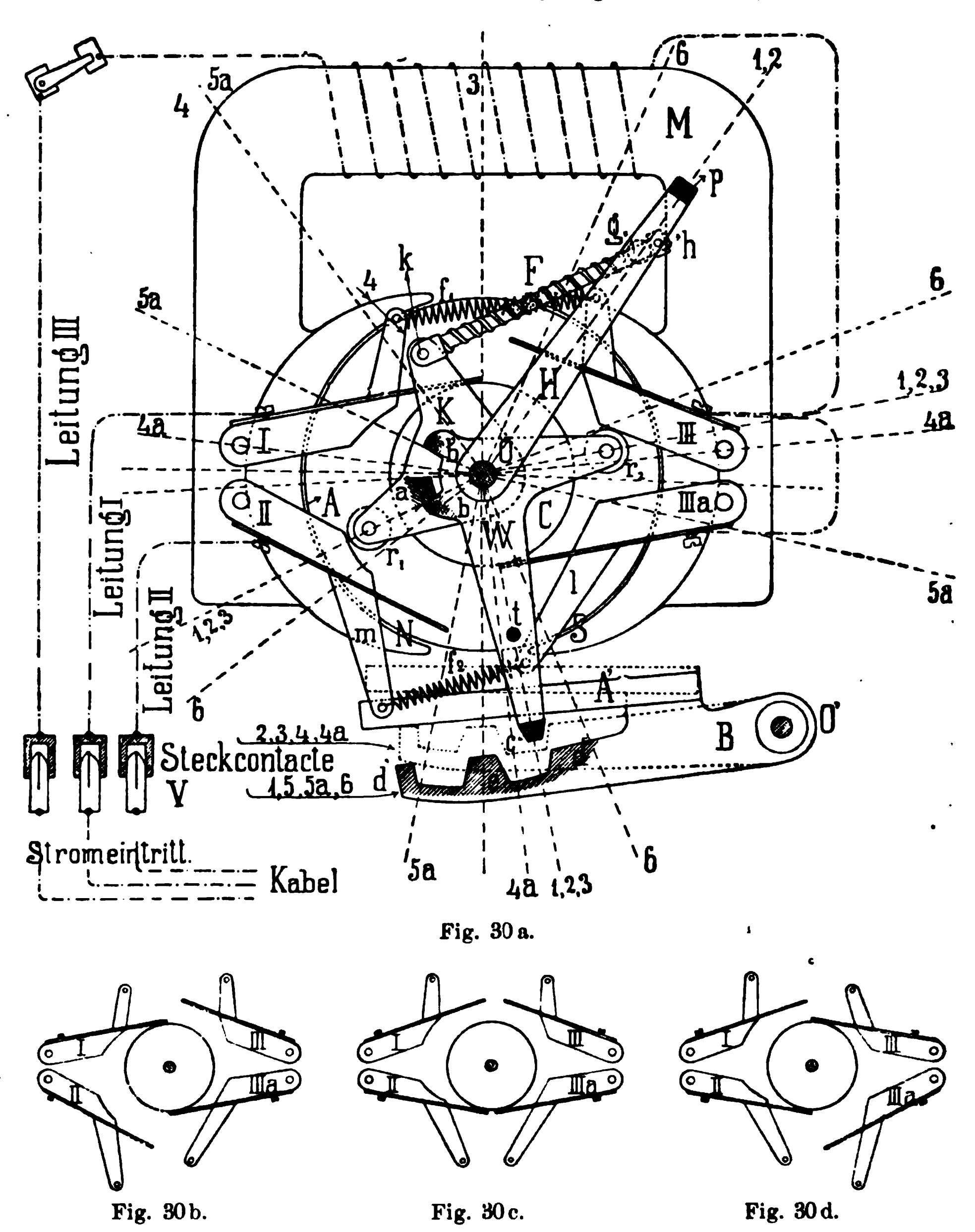


Fig. 30 a.

Fig. 30 b. Fig. 30 c. Fig. 30 d.

III zum Anliegen kommt. Es liegen nunmehr die Bürsten *II* und *III* auf (Fig. 30 d), der Überwachungstrom zur Meldung der erfolgten Umstellung ist geschlossen. Wäre *A* nicht abgefallen, etwa infolge einer Berührung der Leitungen *I* und *II*, durch welche der Arbeitstrom aus der ersteren in die letztere überführt wäre, so blieben die Schenkel erregt, und eine vollständige

Umschaltung wäre ausgeschlossen. Dies würde sich im Stellwerk durch Ausbleiben des Überwachungstromes kenntlich machen.

Sollte der Versuch gemacht werden, durch Drehen des Motors ohne Wissen des Stellwärters die Weiche zu bewegen, so würde der Stift auf dem Hebel *W* die Bürste *III*ᵃ abheben. Der Hebel würde nämlich bei diesem Versuch in die Lage *6* bewegt werden, weil er infolge mangelnder Schenkelerregung durch den Hebel *B* nicht festgehalten würde. Der Überwachungstrom würde also wieder unterbrochen.

So ist in äußerst sinnreicher Weise am Motor Vorsorge getroffen, daß die Umsteuerung des Motors mit der für den Betrieb erforderlichen Sicherheit vorgenommen wird, und daß alle auftretenden Störungen sich selbsttätig anzeigen.

Mit dem Hebel *B* ist noch eine mechanische Reibungsbremse für den Motor verbunden. Solange *B* in seiner unteren Lage sich befindet, legt sich eine mit ihm verbundene Messingscheibe gegen eine gleiche Scheibe auf der Motorachse. Werden durch die Einschaltung des Arbeitstromes die Magnetschenkel erregt, so werden die Scheiben voneinander entfernt. Hört nach erfolgter Umstellung die Erregung wieder auf, so pressen sich die Scheiben wieder gegeneinander und bremsen den Motoranker.

Der Motor besitzt zwei seitliche Führungen. Mit ihnen wird er beim Einsetzen in das Antriebgehäuse über zwei in diesem befestigten Schrauben geschoben und durch Muttern in dieser Lage gehalten. Es legt sich dabei ein Zapfen an einer Scheibe auf der Motorachse in einen Einschnitt einer Scheibe auf der Schneckenachse und kuppelt damit beide Teile. Der Anschluß des Motors an die drei Zuleitungen geschieht durch Steckkontakte (vgl. Fig. 30 a).

Mit diesem Motor beträgt bei schwer gehenden Weichen die Umstellungsdauer bis 6 Sekunden. Um diese zu verkürzen, wurde der Motor durch einen stärkeren (Fig. 31) ersetzt, welcher für die Umstellung im Höchstfalle 3 Sekunden gebraucht. Der Stromverbrauch beträgt dabei 3 Ampere bei 110 Volt Spannung. Sein Gewicht beträgt 38 kg.



Fig. 31.

Er besitzt zum Schutze gegen Beschädigungen ein vollkommen geschlossenes Magnetgestell. Auf den Magnetschenkeln sitzen doppelte Wicklungen für Vor- und Rücklauf (Schaltung siehe Fig. 21 und 22).

Für die Steuerung des Motors sind 3 Bürsten in dem Motorgehäuse vorhanden. Die eine liegt ständig auf einem isoliert auf der Ankerachse befestigten Schleifring auf und ist mit der Ankerwicklung fest verbunden. Die beiden anderen sind an je einer Schenkelwicklung angeschlossen und verbinden diese mit dem Anker, wenn sie auf dem Schleifring aufliegen. Die Umschaltung geht in der in den Fig. 32 a bis c dargestellten Form vor

sich, zu welcher die Schaltung Fig. 22 ff. gehört. Dem Steuerschalter s_1 in dieser Schaltung entspricht der Schleifkontakt l b_1 b_2. In der Grundstellung der Weiche liegt die Bürste b_1 auf dem Schleifring l, während b_2 abliegt

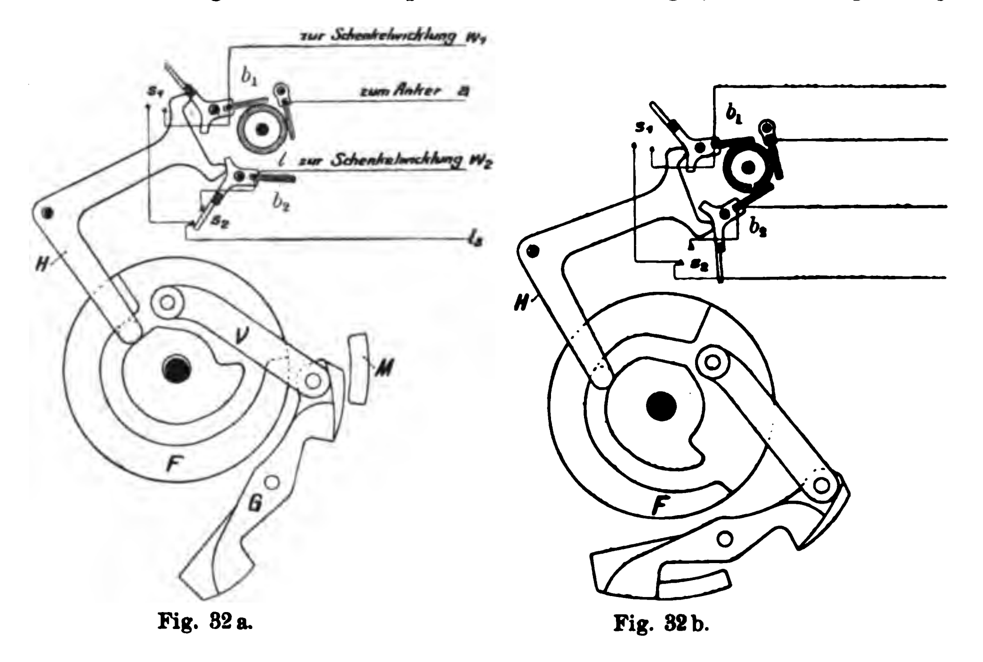


Fig. 32 a. Fig. 32 b.

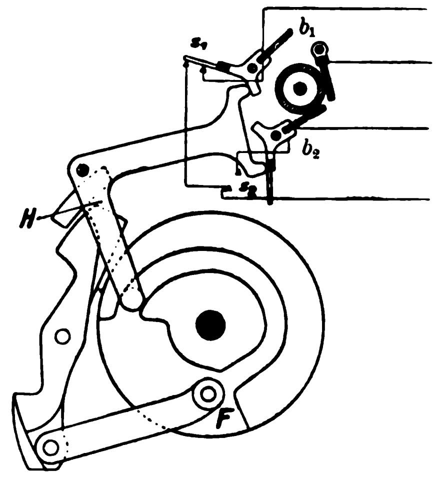


Fig. 32 c.

(Fig. 32 a). Der Steuerhebel H hält die Bürsten in dieser Lage fest. Während das Mitnehmerstück M auf dem Schnekkenradkranz den Doppelhaken G aus der Sperrlage dreht (vgl. S. 375), nimmt dieser durch die Lasche V die Steuerscheibe F mit sich. Die Steuerkurve bewegt dabei den Steuerhebel H und dieser drückt die Bürste b_2 auf den Schleifring, ohne die Bürste b_1 abzuheben (Fig. 32 b). Es sind nunmehr beide Schenkelwicklungen an den Anker angeschaltet (durch Zurücklegen des Schalthebels im Stellwerk würde der Motor in die Grundstellung zurücklaufen). Nach erfolgter Umstellung und Verriegelung der Weiche hebt der Steuerhebel die Bürste b_1 vom Schleifring ab, auf welchem die Bürste b_2 liegen bleibt (Fig 32 c).

Mit den Bürsten isoliert verbunden sind die Kontaktstücke s_1 s_2, welche den Steuerschalter s_2 der Schaltung Fig. 22 darstellen. Liegen beide Bürsten während des Stellweges der Weiche auf, so halten beide Kontaktstücke die von den Schenkelwicklungen zu der Überwachungsleitung führenden Verbindungsleitungen offen. Wird eine der Bürsten nach Beendigung des Stellweges von dem Schleifring abgehoben, so schließt das mit ihm verbundene Kontaktstück die Überwachungsleitung.

Die Drehachsen der Bürstenhebel sind in der einen Motorkappe drehbar gelagert. Ihre Achsen ragen nach außen heraus und tragen Steuerdaumen (vgl. Fig. 31 und 33), mit welchen der Steuerhebel des Antriebes zusammenarbeitet. Die Verwendung von Springschaltern hat sich bei diesem Motor als überflüssig herausgestellt.

Eine mechanische Bremsung zum Stillsetzen des Motors nach beendetem Stellweg ist nicht vorhanden. Sie ist durch eine elektrische Kurzschlußbremsung (vgl. Schaltung Fig. 21, 22) ersetzt.

Den Einbau des Motors in dem Weichenantrieb zeigt Fig. 33. Sie läßt erkennen, daß der Aufschneidekontakt *z* nicht am Motor *O* wie in Fig. 28, sondern fest im Gehäuse gelagert ist.

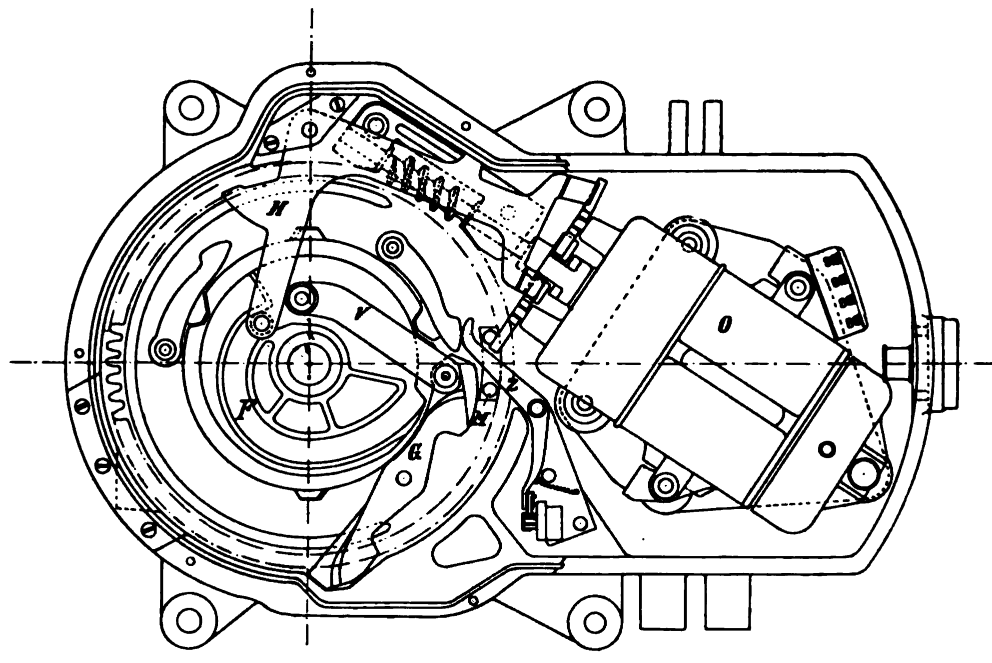
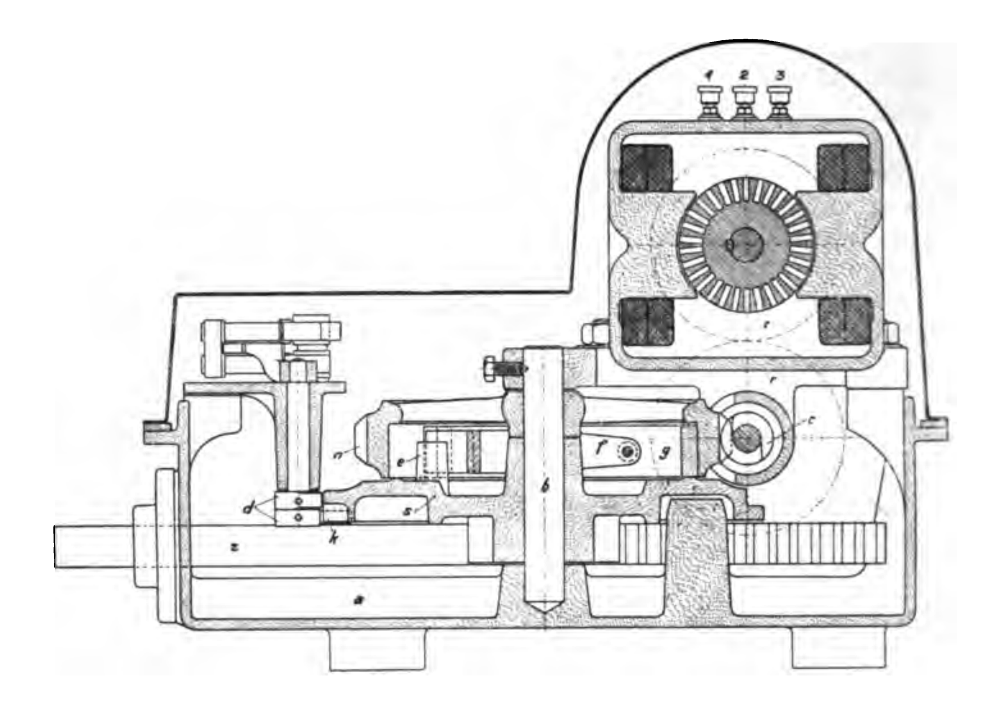


Fig. 33.

Durch Einführung dieses Motors wurde eine erhebliche Verbesserung der elektrischen Antriebe erzielt. Der Motor ist der einzige empfindliche Teil des Antriebes. Er muß daher im ganzen und in seinen Teilen möglichst einfach und geschützt gebaut sein. Hierin ist der neuere Motor dem älteren weit überlegen. Es besitzt noch dazu ohne erhebliche Gewichtsvermehrung eine bedeutend größere Leistungsfähigkeit.

Der oben beschriebene Weichenantrieb hat sich in zahlreichen Ausführungen in langjährigem Betrieb bewährt. Er erfüllt einwandsfrei alle Bedingungen. Nur ist die Zahl seiner Teile nicht gering und ihre Anordnung zum Teil nicht durchsichtig genug.

Bemerkenswerte Vereinfachungen aller Teile und größte Übersichtlichkeit in der ganzen Bauart zeigt der im Jahre 1903 eingeführte nachfolgend beschriebene Antrieb (Fig. 34). Aus dem gußeisernen Gehäuse *a* ragt eine Zahnstange *z* heraus, an welcher das Weichengestänge angreift. Die Zahnstange erhält ihre Bewegung von einem Zahntrieb *t*, welcher lose auf einer in dem Gehäuse feststehenden Achse *b* gelagert ist. Der Zahntrieb



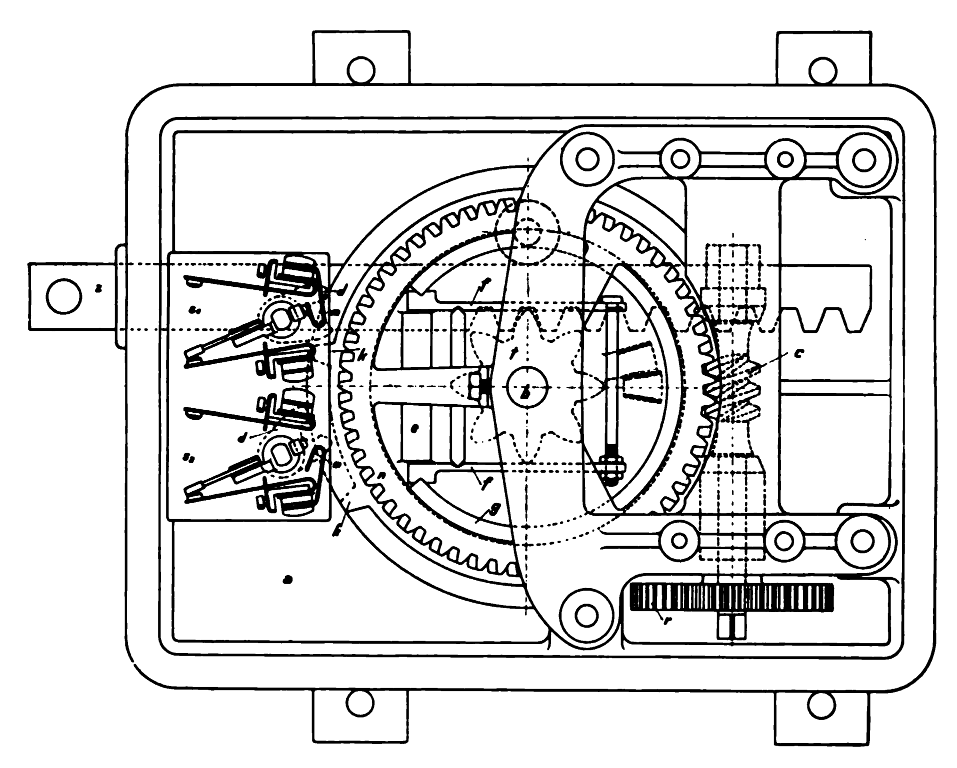


Fig. 34.

sitzt auf einer Scheibe *s*, der Steuerscheibe. Diese ist durch eine lösbare Reibungskupplung mit einem Schneckenkranz *n* verbunden, welcher mit einer von dem Motor durch ein Stirnräderpaar *rr* angetriebenen Schnecke *c* zusammen arbeitet. Die Kupplung besteht aus einem elastischen Gußeisenring *g*, welche durch zwei federnde Spreizen *ff* gegen die Innenwand des Schneckenradkranzes gepreßt wird. Der Kupplungsring *g* umfaßt einen Ansatz *e* auf der Steuerscheibe und nimmt diese und damit die Zahnstange bei einer Bewegung mit sich. Er selbst nimmt an einer Drehung des Schneckengetriebes *c n* so lange teil, als der Reibungsdruck zwischen ihm und dem Schneckenradkranz die Bewegungswiderstände in der Weiche und dem Antriebgestänge überwindet. Hat der Motor die Weiche umgestellt und verschlossen und werden dadurch die Weichenzungen gegen eine Weiterbewegung gesperrt, so löst sich die Kupplung. Der Kupplungsring bleibt stehen und der Motor mit dem Schneckengetriebe läuft weiter, bis er durch Abschaltung des Arbeitsstromes und infolge der Reibung in der Kupplung zum Stillstand kommt. Wird andererseits bei stillstehendem Motor von den Weichenzungen ein genügend großer Druck ausgeübt, wie es beim Aufschneiden der Weiche der Fall ist, so wird der Bremsring gegen den ruhenden Schneckenradkranz verdreht und dadurch die Kupplung gelöst. Die Kupplung dient also gleichzeitig als Bremse für den Motor und als Aufschneidekupplung.

Die Steuerschalter s_1 s_2 für die Umschaltung der Zuleitungen zu dem Motor sind fest in dem Antriebgehäuse eingebaut. Die Schaltung geschieht

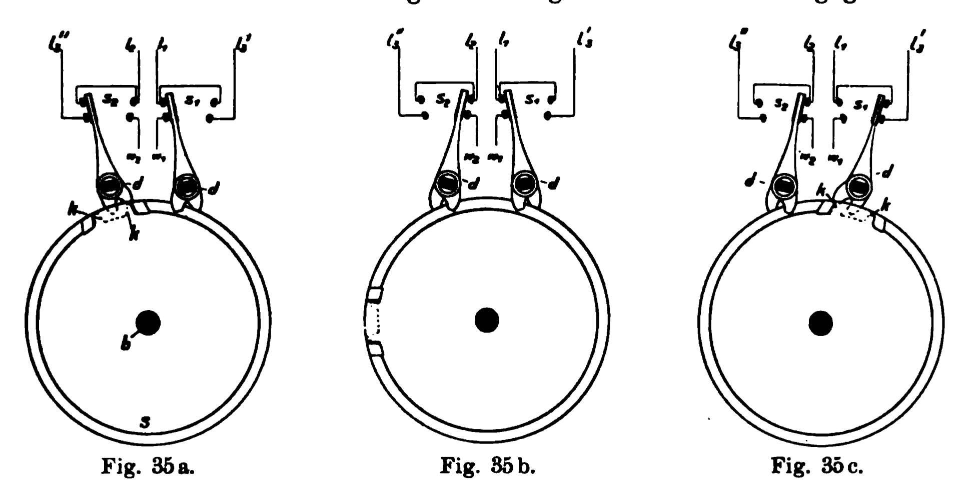


Fig. 35a. Fig. 35b. Fig. 35c.

nach Fig. 23 und 25. Die **Steuerung** erfolgt zwangläufig durch Knaggen *k* an der Steuerscheibe, welche mit Daumen *d* an den Steuerschaltern zusammenarbeiten. In Fig. 35a bis c sind die Steuerungsteile in den beiden Endlagen des Weichenantriebes und in einer Zwischenlage dargestellt. An die beiden inneren Leitungen l_1 l_2 schließen sich die Schenkelwicklungen w_1 w_2, an die äußeren die Überwachungsleitungen l'_3 l''_3 an. Ist von den letzteren nur eine vorhanden (Fig. 23), so werden die äußeren Klemmen der Schalter miteinander verbunden.

Für die Schaltung nach Fig. 25 sind noch Kontakte *m m* zur Erdung der Überwachungsleitungen an den Steuerschaltern angeordnet (vgl. Fig. 34).

Bei **Aufschneidung** der Weiche werden durch Zurückdrehen der Steuerscheibe die Steuerschalter in ihre Mittelstellung Fig. 35b gebracht. Es

wird dadurch der Überwachungstrom unterbrochen. Die Kupplung zwischen dem Motor und der Zahnstange bleibt dabei unverändert bestehen. Erhält daher in dieser Lage der Motor vom Stellwerk aus durch Umlegen des Stellhebels Strom, so vollendet er die durch die Aufschneidung begonnene Be-

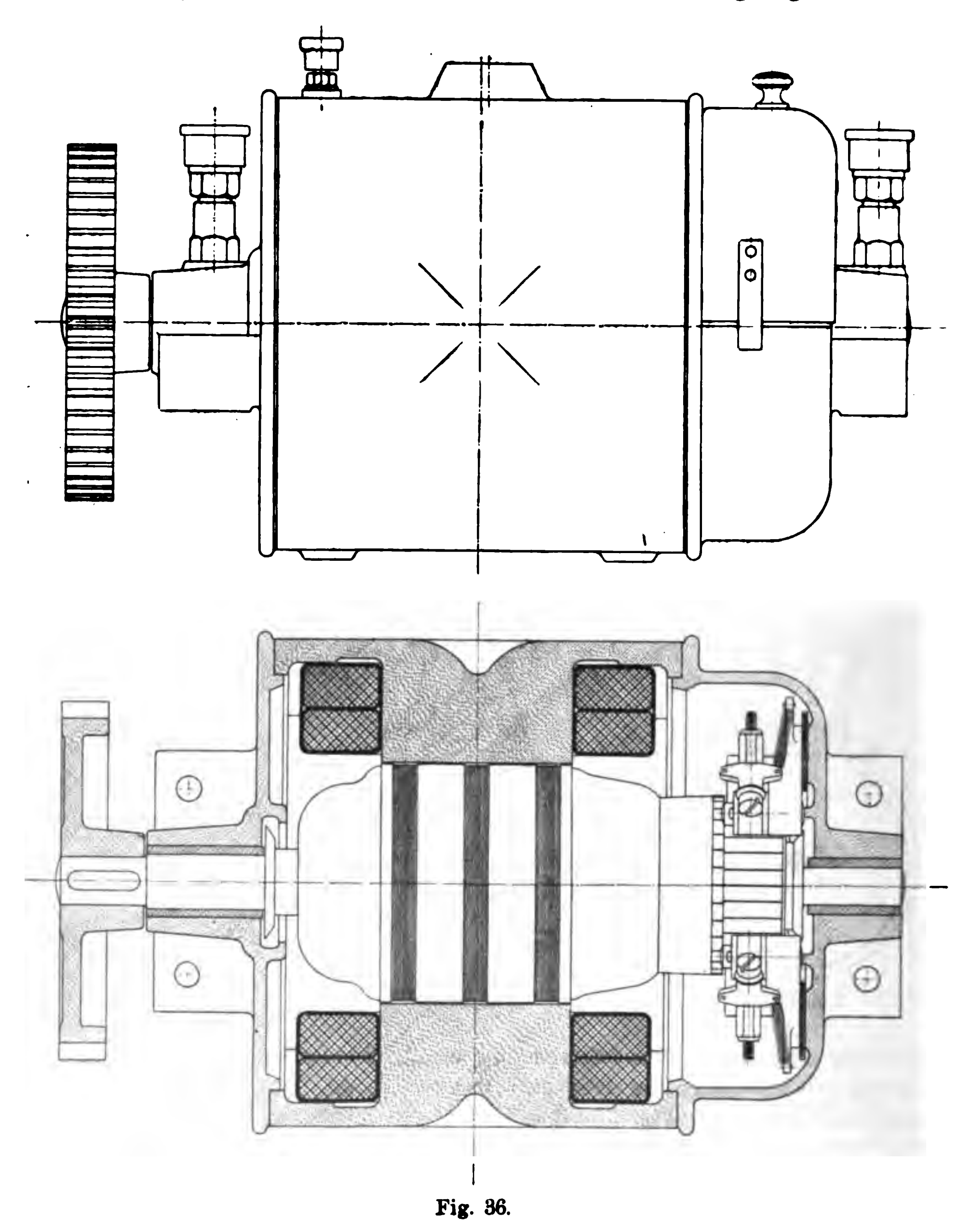


Fig. 36.

wegung des Antriebes. Dadurch kommt der Antrieb in die zu der Hebellage gehörige Endstellung und der Überwachungstrom tritt wieder auf. Der ordnungsmäßige Zustand ist von Neuem vorhanden (vgl. S. 364).

Für den Fall, daß die Überwachungsleitungen zur Überprüfung der Lage jeder einzelnen Weichenzunge über besondere von den Zungen unmittelbar

gesteuerte Kontakte (s_3 s_4 in Fig. 25) geführt werden, werden diese **Zungenüberwachungskontakte** neben den Steuerschaltern in dem Antriebgehäuse untergebracht.

Der Motor ist infolge des Einbaus der Steuerschalter in dem Antriebgehäuse gegenüber den früheren Ausführungen sehr vereinfacht. Er ist vollständig geschlossen (Fig. 36). Kommutator und Kohlenbürsten sind nach Abnahme einer Blechhaube leicht zugänglich. Sein Gewicht beträgt etwa 30 kg.

Auf jedem Schenkel ist je eine Hälfte der Feldwicklungen aufgebracht.

Bei 110 Volt Spannung und 3 Ampere leistet er etwa $^1/_3$ PS. bei 670 Umdrehungen in der Minute.

Der Motor ist im Antrieb durch zwei Schrauben festgemacht. Die 3 Zuleitungen sind durch Klemmschrauben an ihn angelegt. Mit ihren anderen Enden sind sie an ein Klemmenbrett im Antrieb angeschlossen, zu welchem sämtliche Leitungen des Antriebes geführt und dort mit dem Zuführungskabel verbunden sind.

f) Signalantriebe.

Die **erste Ausführung des Signalantriebes im Siemens-System** in Österreich (Fig. 37) war, wie S. 368 erwähnt, ohne Zwangläufigkeit der Haltstellung des Signalflügels.

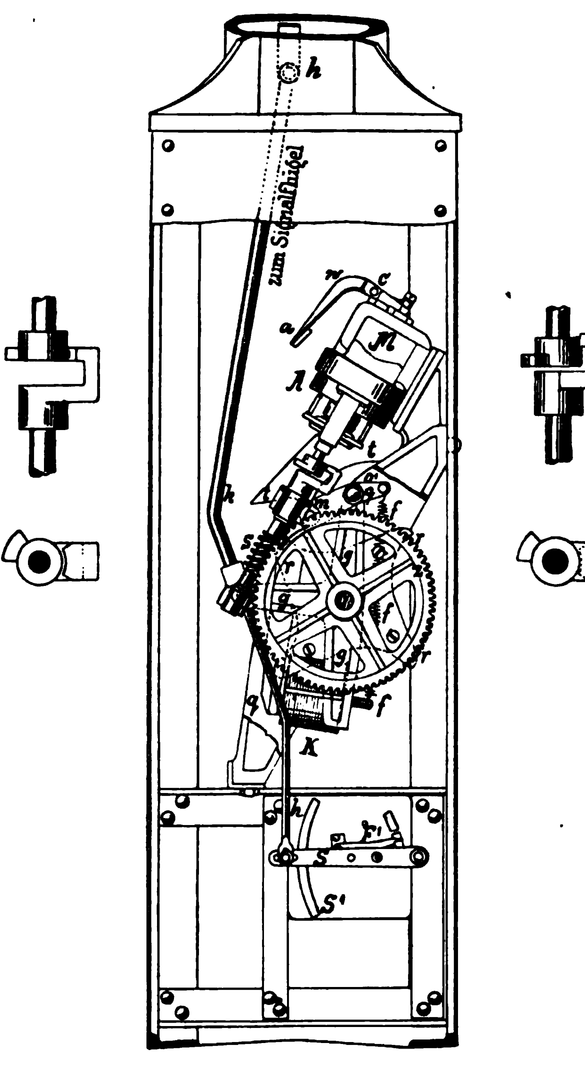
Der Motor *M* treibt die Schnecke *s* an, welche in ein Schneckenrad *z* eingreift. Dieses sitzt gemeinsam mit dem vierarmigen Stern *r* fest auf der drehbaren Achse *o*. Auf der gleichen Achse sitzt lose drehbar der dreiarmige Kupplungsträger *g*, auf dessen unterem Arm der Kuppelelektromagnet *K* befestigt ist. An dem mittleren Arm des Kupplungsträgers greift das zu dem Signalflügel führende Gestänge *h* an, an dem oberen befindet sich die Drehachse o_1 des Magnetankerhebels *q*. Wird der Achse *o* durch das Schneckengetriebe eine Drehung erteilt, so legt sich einer der Arme des Sternes *r* gegen eine Rolle *m* auf dem Magnetankerträger und sucht den letzteren, unterstützt von einer Feder *f* um seine Achse zu drehen. Wird der Anker infolge genügender Erregung des Kuppelmagneten an den Magnetpolen festgehalten, so kann die Verdrehung nicht stattfinden. Die Rolle bleibt in der Bewegungsbahn des Sternarmes und wird von diesem bei der weiteren Drehung mitgenommen. Der an dem Anker hängende Kuppelmagnet und der Kupplungsträger werden gedreht und das Signalgestänge nach aufwärts zur Herstellung der Fahrtstellung des Signalflügels bewegt.

Steht das Signal auf Fahrt, so wird durch einen Schalthebel *S*, welcher seinen Antrieb von dem Signalgestänge erhält, der Arbeitstrom unterbrochen. Der Kuppelstrom bleibt aber noch geschlossen. Der Flügel bleibt noch in der Fahrtstellung, da das Schneckengetriebe selbstsperrend ist und daher durch das Gewicht des Flügels und des Gestänges nicht zurückgedreht werden kann.

Soll der Flügel in die Haltstellung gebracht werden, so wird der Kuppelstrom unterbrochen. Die Feder *f* reißt den Anker von dem Elektromagneten *K* ab. Dadurch verliert der Hebel *g* seine Abstützung an dem Stern *r* und der Signalflügel und das Gestänge gehen unter Wirkung ihrer Gewichte nach abwärts in die Haltstellung. Sie nehmen dabei den Kupplungsträger und den Ankerhebel mit. Ein von dem Hebel *S* bei Beginn der Bewegung

des Antriebgestänges mitgenommener Kontakthebel *F* unterbricht die Überwachungsleitung.

Der Signalmotor ist ein Reihenmotor mit Ringanker ähnlich dem S. 376 beschriebenen Weichenmotor, aber schwächer als dieser und mit nur einem Kollektorbürstenpaar. Um ihn nach erreichter Fahrtstellung des Signalflügels frei auslaufen zu lassen, ist eine lösbare Kupplung zwischen Motor und Schnecke eingeschoben. Sie besteht aus je einer Klaue auf der Ankerachse des Motors und auf der Schneckenachse. Sind die Magnetschenkel des Motors nicht erregt, so sind die Klauen ohne Eingriff miteinander (Fig. 37). Fließt Strom durch die Schenkelwicklung, so wird der in seiner Längsrichtung verschiebbare Motoranker nach oben gezogen, und es werden die Klauen zum Eingriff gebracht (vgl. linke Nebenfigur der Fig. 37). Die Verschiebung des Ankers geschieht durch einen Winkelhebel *w*, welcher um einen Zapfen *c* im Magnetgestell des Motors drehbar ist. Mit seinem einen gabelförmigen Arm greift er hinter einen Ansatz der Motorachse. An seinem anderen Arm trägt er ein Weicheisenstück *a*. Dieses wird von dem Feldmagneten *A* des Motors angezogen, sobald er erregt wird. Der Hebel *w* wird dann gedreht und hebt mit der Gabel den Motoranker an. Die Kupplung ist hergestellt. Infolgedessen nimmt die Schnecke an der Drehung des Motors teil. Nach Erreichung der Fahrtstellung wird der Arbeitstrom unterbrochen. Die Magnetisierung des Feldmagneten hört auf, der Winkelhebel *w* wird frei und der Anker durch sein Eigengewicht nach abwärts gezogen. Dadurch entkuppelt er sich selbsttätig von dem Getriebe und läuft frei aus.



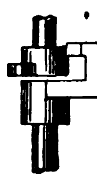



Fig. 37.

Da die kraftschlüssige Haltstellung nicht die genügende Sicherheit bietet (vgl. S. 368), so wurde bei den ersten Ausführungen in

Deutschland unter Beibehaltung des Motors ein Kurbelschleifengetriebe verwendet, welches den Flügel zwangläufig in die Haltstellung bringt, wenn die selbsttätige Haltfallvorrichtung, welche ebenfalls eine zweckmäßigere

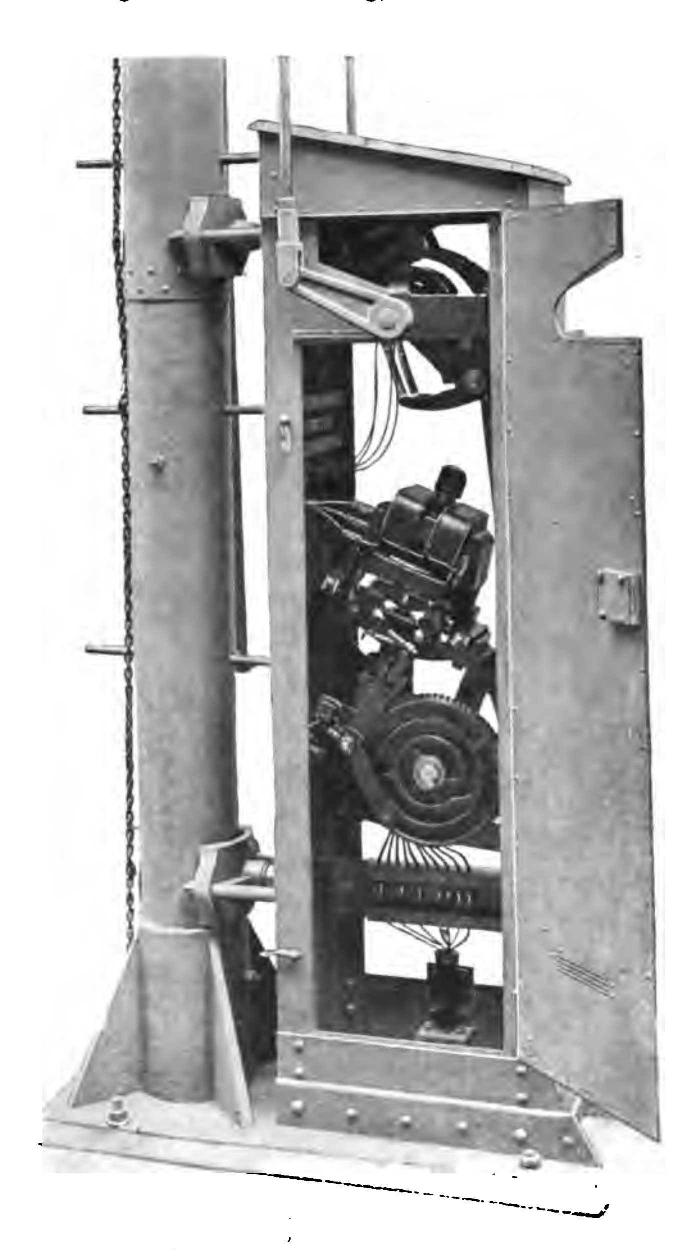


Fig. 38.

Ausgestaltung erhielt, versagte. Das Kurbelschleifengetriebe und die noch beibehaltene lösbare Klauenkupplung zwischen Motor und Getriebe hatten im Betriebe keine besonders günstigen Ergebnisse. Die Umkehr der Bewegungsrichtung des Signalflügels durch Umkehr der

Drehrichtung des Motors ergibt einfachere und zweckmäßigere Konstruktionen.

Anstelle dieses Antriebes trat daher zunächst der Antrieb nach Fig. 38, der sich von der etwas späteren Ausführung Fig. 39 nur durch einen anderen Motor unterscheidet. Während der Antrieb Fig. 38 einen Motor ähnlich dem Weichenmotor Fig. 29 mit Ringanker und einem Paar Bürsten besitzt, wird in dem Antrieb Fig. 39 der Weichenmotor Fig. 31 ohne Abänderung verwendet. In letzterem Fall sind also Weichen- und Signalmotoren ohne weiteres auswechselbar; auf jeder Anlage befindet sich nur eine Motortype.

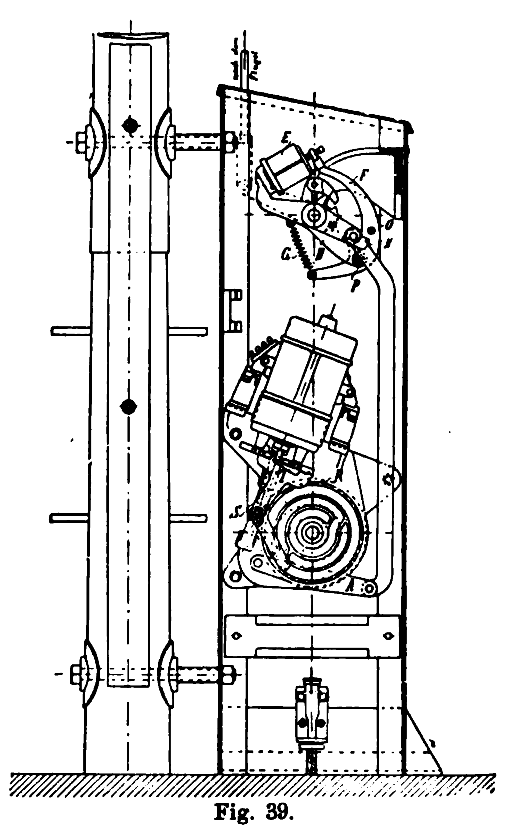


Fig. 39.

Die elektrische Flügelkupplung zwischen dem Motor und dem Flügel ist bei beiden Antrieben die gleiche. Sie erhält ihre Bewegung von einem Hebel (A Fig. 39), welcher durch eine Kurvenführung des Schneckenrades R gesteuert wird. Bei einer Drehung des Schneckenrades bewegt der Hebel den Kuppelmagnetträger M, welcher sich um eine Achse in dem oberen Lagerbock des Antriebes frei drehen kann. Dieser stößt mit der Nase N gegen eine Rolle O auf dem Ankerträger F, welcher seinen Drehpunkt in P auf einem mit einer zweiten Drehachse in dem Lagerbock sitzenden Hebel D hat. Er dreht unterstützt durch eine Feder G den Ankerträger und reißt den Anker von dem Kuppelmagneten E ab, wenn dieser nicht oder nicht genügend stark erregt ist. Ist Kuppelstrom vorhanden, so hält dieser den Anker an dem Magneten fest und der Hebel D mit dem Ankerträger nimmt an der Drehung des Hebels M teil. Mit dem Hebel D auf der gleichen Achse befestigt, ist eine Angriffkurbel, an welche das zu dem Flügel gehende Signalgestänge angreift. Wird während der Bewegung des Antriebes in irgend einer Lage der Kuppelstrom unterbrochen, so reißt das Flügel- und Gestängegewicht im Verein mit der Feder G den Anker von dem Elektromagneten und diese Teile gehen, unabhängig von der Stellung des Getriebes in die Haltlage zurück. Läuft dann der Motor infolge Zurücklegens des Stellhebels in die Haltstellung, so führt er das Getriebe in die Grundstellung und drückt auch den Anker wieder gegen die Elektromagnetpole. Sollte dabei trotz der Kuppelstromunterbrechung der Flügel nicht auf Halt gegangen sein, so nimmt der Hebel M die mit dem Flügel fest verbundenen Teile der Kupplung und damit den Flügel selbst zwangläufig in die Haltlage.

Sind mehrere Signalflügel vorhanden, so ist für jeden Flügel eine

Kupplung vorhanden, und es nehmen so viele Flügel an der Bewegung des Antriebes teil, als Kuppelmagneten erregt sind.

Der Wunsch, für den Signalantrieb die bei dem Weichenantrieb benutzten Teile nach Möglichkeit zu verwenden, führte bei Einführung des Weichenantriebes nach Fig. 34 zu einem neuen Signalantrieb, der in Fig. 40 veranschaulicht ist. Motor, Schnecke, Schneckenrad und die Teile für den Steuerschalter sind die gleichen, wie beim Weichenantrieb. Auch die mechanische Bremse ist beibehalten. Die Steuerscheibe ist unwesentlich geändert, um sie dem aus Konstruktionsrücksichten abgeänderten Stellweg des Antriebes anzupassen. Die Übertragung des Stellweges auf das Signalgestänge geschieht durch ein Kurbelgetriebe.

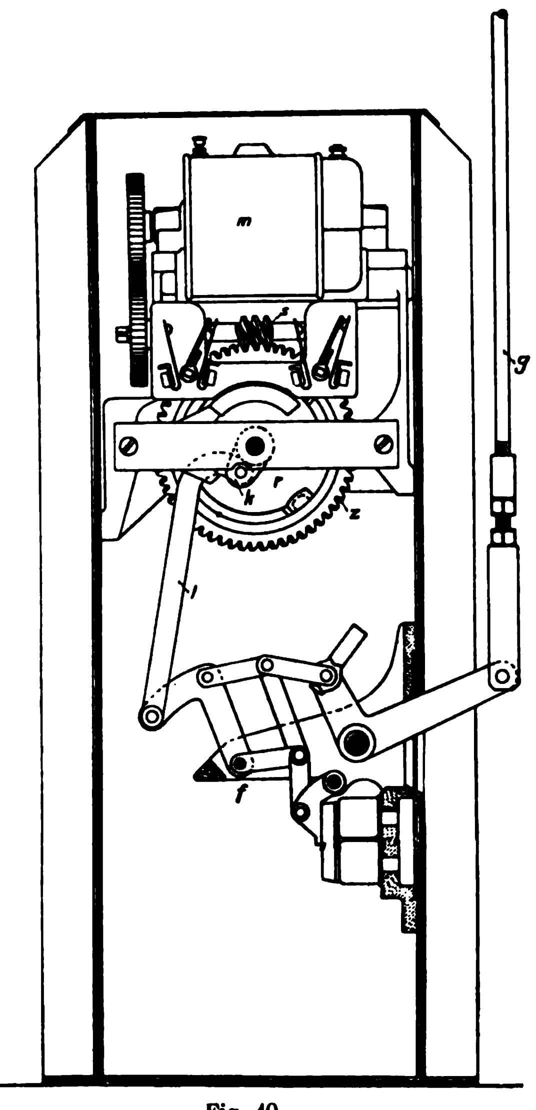


Fig. 40.

Gleichzeitig mit dem Antrieb haben die Flügelkupplungen eine von der früheren Form abweichende Ausbildung erhalten, die eine leichte Regulierbarkeit und geringe Breitenabmessungen ergeben. Das letztere ist von Wichtigkeit, da die Signale mit ihren Antrieben meist zwischen zwei Gleisen aufgestellt werden, wo der zur Verfügung stehende Raum in der Regel sehr beschränkt ist.

Der Zusammenhang zwischen Antrieb, Kupplung und Signalflügel ergibt sich aus den Figuren 41 a bis d. Der Motor *m* treibt über ein Zahnradvorgelege durch ein Schneckengetriebe *s z* eine Steuerscheibe *r* an. Eine Kurbel *k* auf dieser Scheibe greift mit einer Stange an einem Triebhebel *h* an. Bei einer Bewegung des Antriebes bewegen sich die Teile in der Richtung der Pfeile Fig. 41 b. Der Triebhebel drückt über zwei Kuppelstangen p_1 p_2 auf einen Flügelhebel *f*. Dieser zieht die Signalstange nach abwärts und den Flügel in die Fahrstellung Fig. 41 c. Diese Drehung des Flügelhebels tritt aber nur ein, wenn der Kuppelmagnet *k* seinen Anker und

dadurch den einen Punkt i des mit der einen Kuppelstange p_2 und dem Flügelhebel f gebildeten Kurbelvierecks festhält. Liegt der Anker nur lose

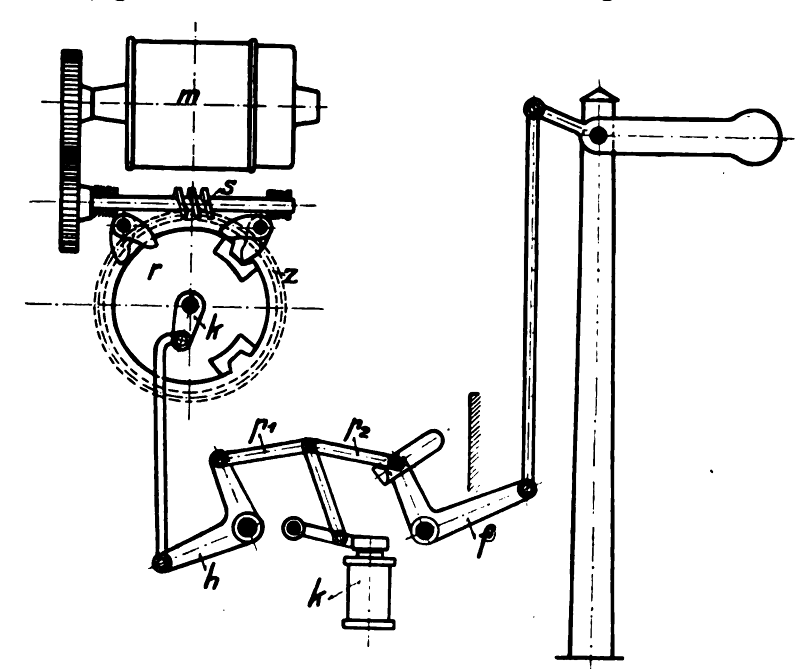


Fig. 41 a.

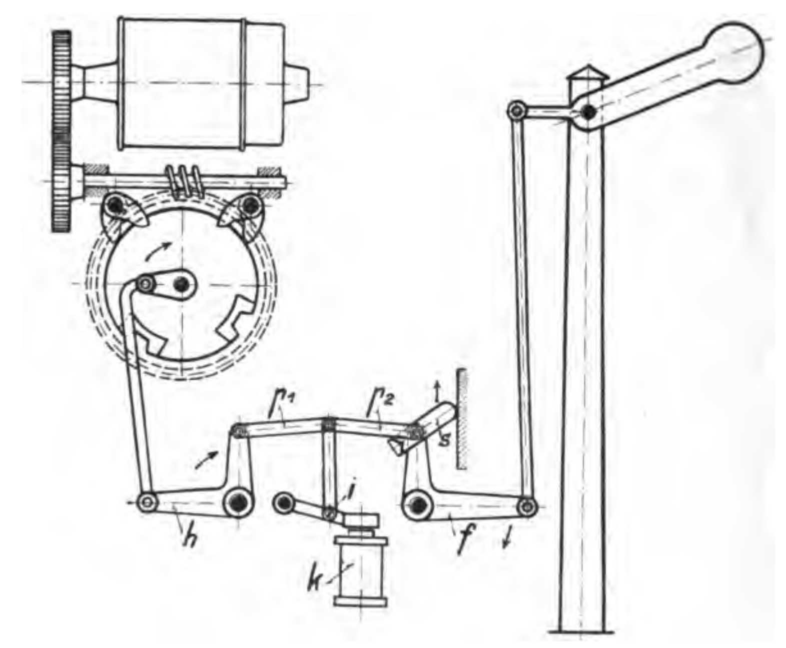


Fig. 41 b.

auf dem nicht erregten Kuppelmagneten auf, so knickt bei der Bewegung des Antriebes das Kurbelviereck aus und der Flügelhebel bleibt mit dem Flügel in der Haltstellung. Derselbe Zustand tritt ein, wenn nach Fahrt-

stellung des Signals der Kuppelmagnet stromlos wird und der Signalflügel dadurch selbsttätig auf Halt fällt Fig. 41 d.

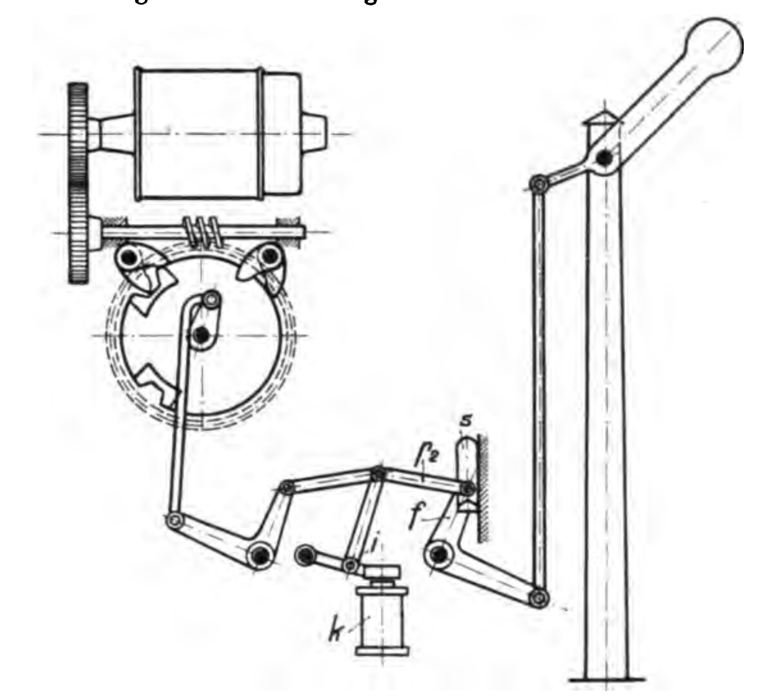


Fig. 41 c.

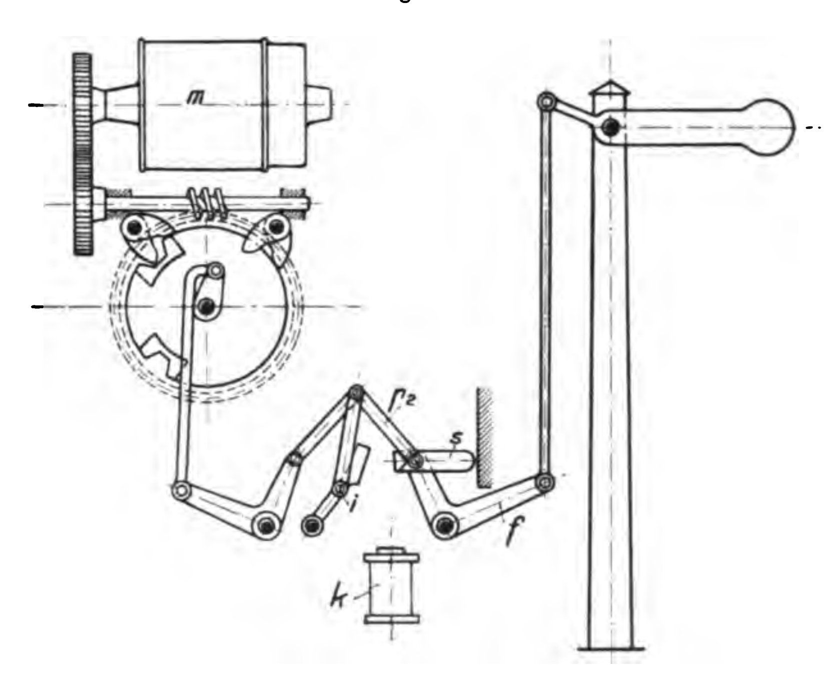


Fig. 41 d.

Von der Kuppelstange p_2 wird ein Sperrhebel s so gesteuert, daß er bei ausgeknicktem Kurbelviereck (stromlosem Kupplungsmagneten) eine

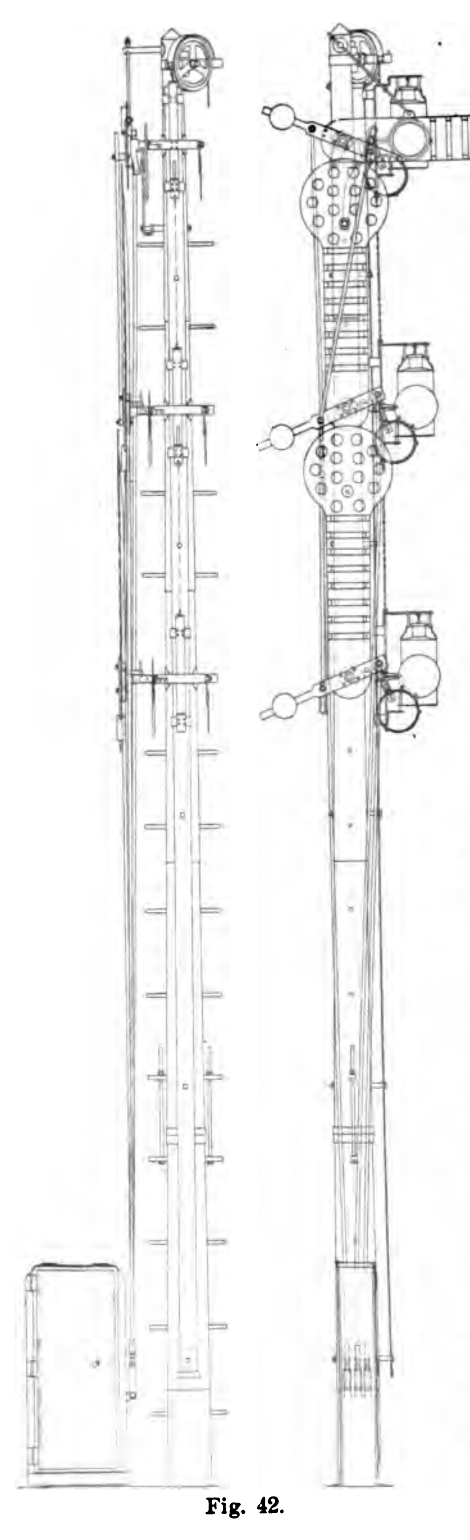


Fig. 42.

Drehung des Flügelhebels verhindert, indem er sich gegen die Wand des Signalgehäuses abstützt (vgl. Fig. 41 d). Werden die Kupplungsteile bei erregtem Kuppelmagneten in Bewegung gesetzt, so gleitet der Sperrhebel an der Gehäusewand entlang (vgl. Fig. 41 b) und gibt den Flügelhebel frei. Bei nicht vorhandenem Kuppelstrom, zu einer Zeit also, wo die Bedingungen für die Fahrtstellung des Signals (s. S. 370) nicht erfüllt sind, kann daher der Signalflügel auch nicht durch Ziehen an dem Gestänge auf Fahrt gebracht werden.

Bei seinem Rückgang in die Haltstellung nimmt der Triebhebel die Kuppelstangen und den Flügelhebel zwangläufig in die Haltlage mit und legt den Kuppelmagnetanker auf die Polschuhe.

Der Signalantrieb in dieser Form läßt an Einfachheit und zweckmäßiger Anordnung der Teile nichts zu wünschen. An alle Teile ist für die Unterhaltung bequem heranzukommen.

Ein Bild eines elektrisch betriebenen dreiflügligen Signals gibt Fig. 42. Der Antrieb steht neben dem Signal in einem schmiedeeisernen Gehäuse, aus dem drei Stangen zu den drei Signalflügeln führen. Durch eine verschließbare Tür sind die inneren Antriebteile zugänglich.

g) Stellwerkschalter.

Die Wirkungsweise und die Ausbildung der ältesten Stellwerkschalter ist aus dem Schaltplan Fig. 17 zu ersehen. Die dort gewählten Darstellungen der einzelnen Schalterteile entsprechen im wesentlichen den Ausführungen. Die Teile sind auf gußeisernen Platten aufgesetzt.

Die Platten mit den Schaltern sind in dem Stellwerk nach Fig. 43a eingebaut. In dem oberen Teil des Stellwerkes sind die Stellhebel für Weichen und Signale und die Stellwerkverschlüsse (vgl. S. 350) angeordnet. Die Hebel sind durch Kuppelstangen mit den Schaltern verbunden. Das Stellwerkgehäuse ist nach dem Standort des Stellwerkwärters zu durch leicht abnehmbare Platten abgedeckt, in welchen verglaste Öffnungen sind, hinter denen die Farbscheiben der verschiedenen Elektromagnete beobachtet werden können. In Fig. 43b ist das Stellwerk geschlossen. Die Stellhebel der Weichen und Signale liegen in einer Reihe nebeneinander. An sie schließen sich die der Raumersparnis wegen in 3 Reihen übereinander angeordneten Fahrstraßenhebel an.

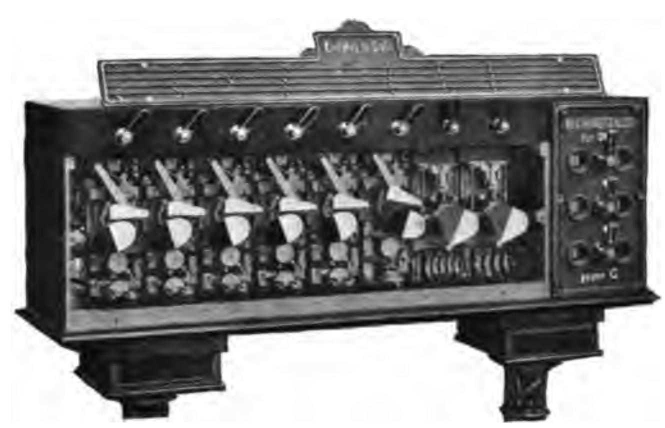


Fig. 43a.

Die Verbindungsleitungen von den Schaltern zu den Kabelleitungen für die Antriebe sind in den hohlen Füßen des Stellwerkes verlegt.



Fig. 43b.

Die Vereinfachung der Schaltungen nach Fig. 18 und 19 ergab auch eine Vereinfachung der Schalter. Die Stellhebel sind, wie aus Schauzeichnungen Fig. 44 bis 46 ersichtlich, unmittelbar auf die Hauptachsen der Schalter aufgesetzt. Auf diesen sitzt bei den Weichenschaltern (Fig. 44) und den Signalschaltern (Fig. 45) der Hebelschalter *h*, welcher bald die eine, bald die andere der Laufleitungen an die Stromquelle anschaltet. Auf derselben Achse sitzt der Antriebhebel *a* für den Batteriewechsler *c*, welcher in den Ruhelagen die Überwachungsbatterie, während des Stellweges des Motors die Arbeitsbatterie an den Hebelschalter anlegt. Beim Umlegen des Stellhebels wird der Hebelschalter in seine andere Endlage bewegt, und der Schalthebel des Batteriewechslers von der Überwachungsbatterie auf die Arbeitsbatterie gestellt. Dabei wird der Anker des Überwachungsmagneten *e*, welcher durch Abschaltung der Laufleitung stromlos geworden ist, für den Fall er an den Magnetpolen kleben sollte, zwangläufig abgedrückt. Die Überwachungskontakte (s. S. 358) des Weichen-

schalters *f* werden geöffnet. Beim Wiederauftreten des Überwachungstromes nach Beendigung des Stellweges zieht der Magnet den Anker wieder an und wirft den Schalthebel des Batteriewechslers wieder in seine Grundstellung.

Der Sperrmagnet *g* an dem Weichenschalter hält den Stellhebel in seinen Endlagen fest, solange er seinen Anker angezogen hält. Dieser

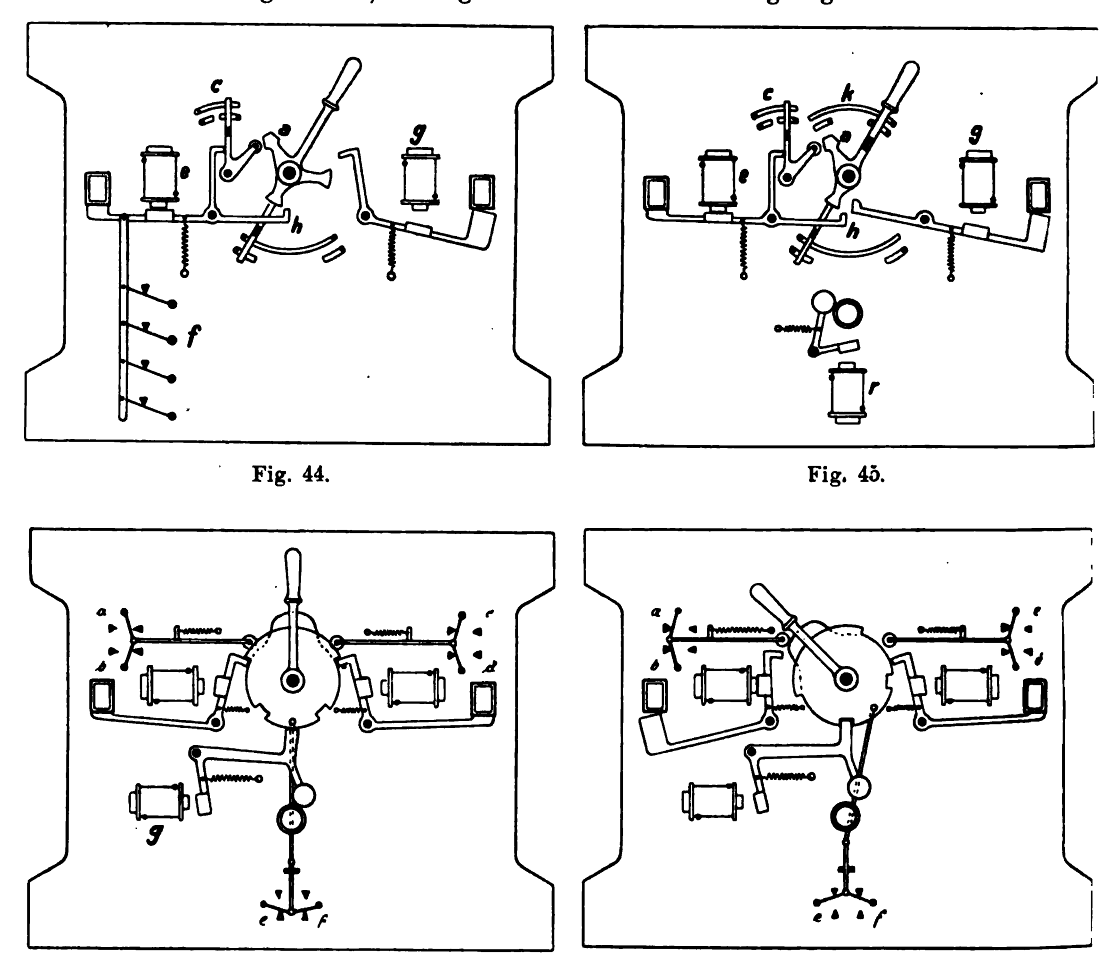


Fig. 44. Fig. 45.

Fig. 46a. Fig 46. b.

Sperrmagnet erhält Strom, sobald sich ein Fahrzeug auf oder in unmittelbarer Nähe der Weiche befindet, durch Schluß einer dort befindlichen Stromschlußvorrichtung.

In ähnlicher Weise sperrt der Signalsperrmagnet *g* (vgl. S. 372) den Signalhebel in seiner Grundstellung — aber nur in dieser, solange der Kuppelstrom noch nicht geschlossen ist. Aus der Fahrtstellung ist der Hebel jederzeit umlegbar.

Der Schalter *k* dient zur Weiterschaltung des Kuppelstromes nach dem Signal (vgl. S. 371). Der Elektromagnet *r* ist ein Signalflügelrückmelder (s. S. 373).

Der Fahrstraßenschalter (Fig. 46a, b) wird durch zwei Sperrmagnete in der Grundstellung verschlossen gehalten (vgl. S. 373). Für den Verschluß des umgelegten Hebels dient ein besonderer Elektromagnet *g*.

a b c d e f sind die Fahrstraßenkontakte zum Anschalten der Kuppelströme, Auflöseströme usw. (s. Schaltung Fig. 27). In Fig. 46b ist der Hebel umgelegt und gegen ein Zurücklegen gesperrt. Die Kontakte *a b e f* sind umgeschaltet.

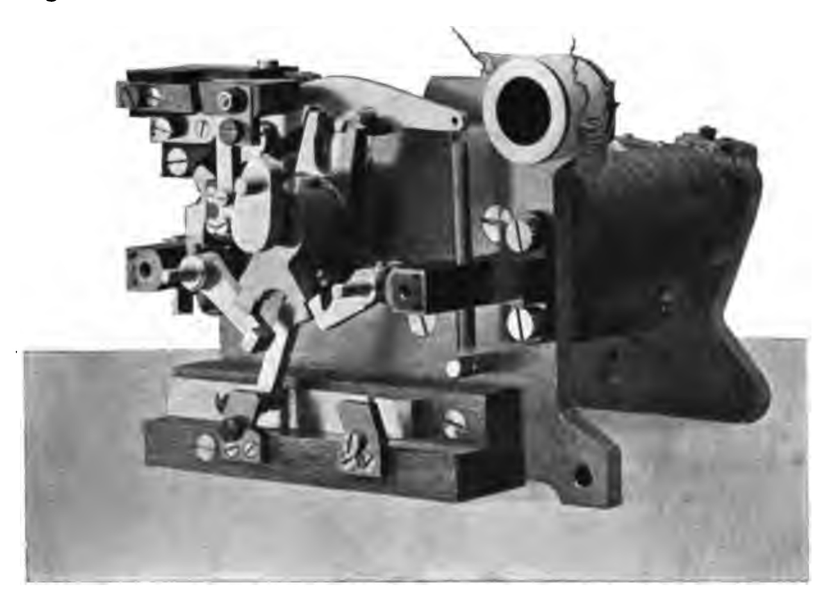


Fig. 47a.

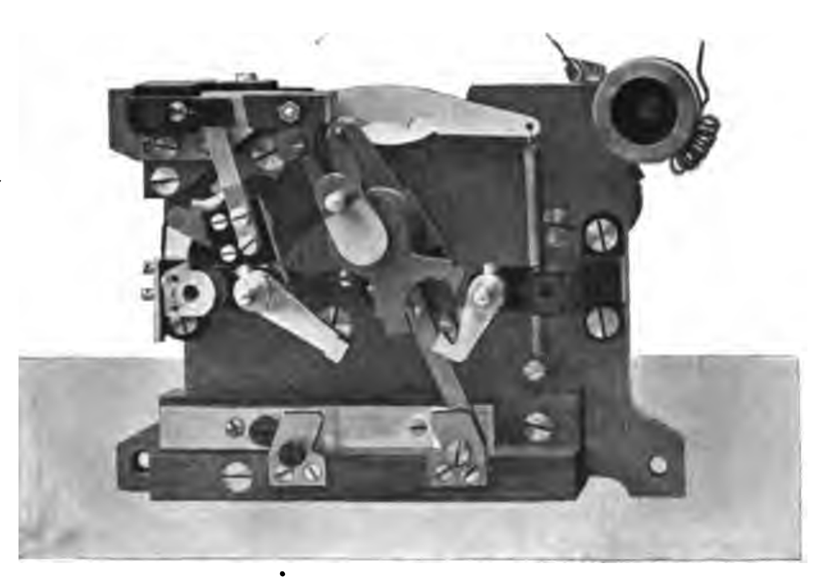


Fig. 47b.

Der Aufbau der Weichen-, Signal- und Fahrstraßenschalter erfolgt auf gußeisernen Platten, welche in dem Stellwerkgestell befestigt werden.

Die Fig. 47ab zeigen die Ausführung eines Weichenschalters.

In Fig. 47a befindet sich der Schalter in Grundstellung gesperrt durch den (rechten) Sperrmagneten. In Fig. 47b ist der Schalter umgelegt, dabei

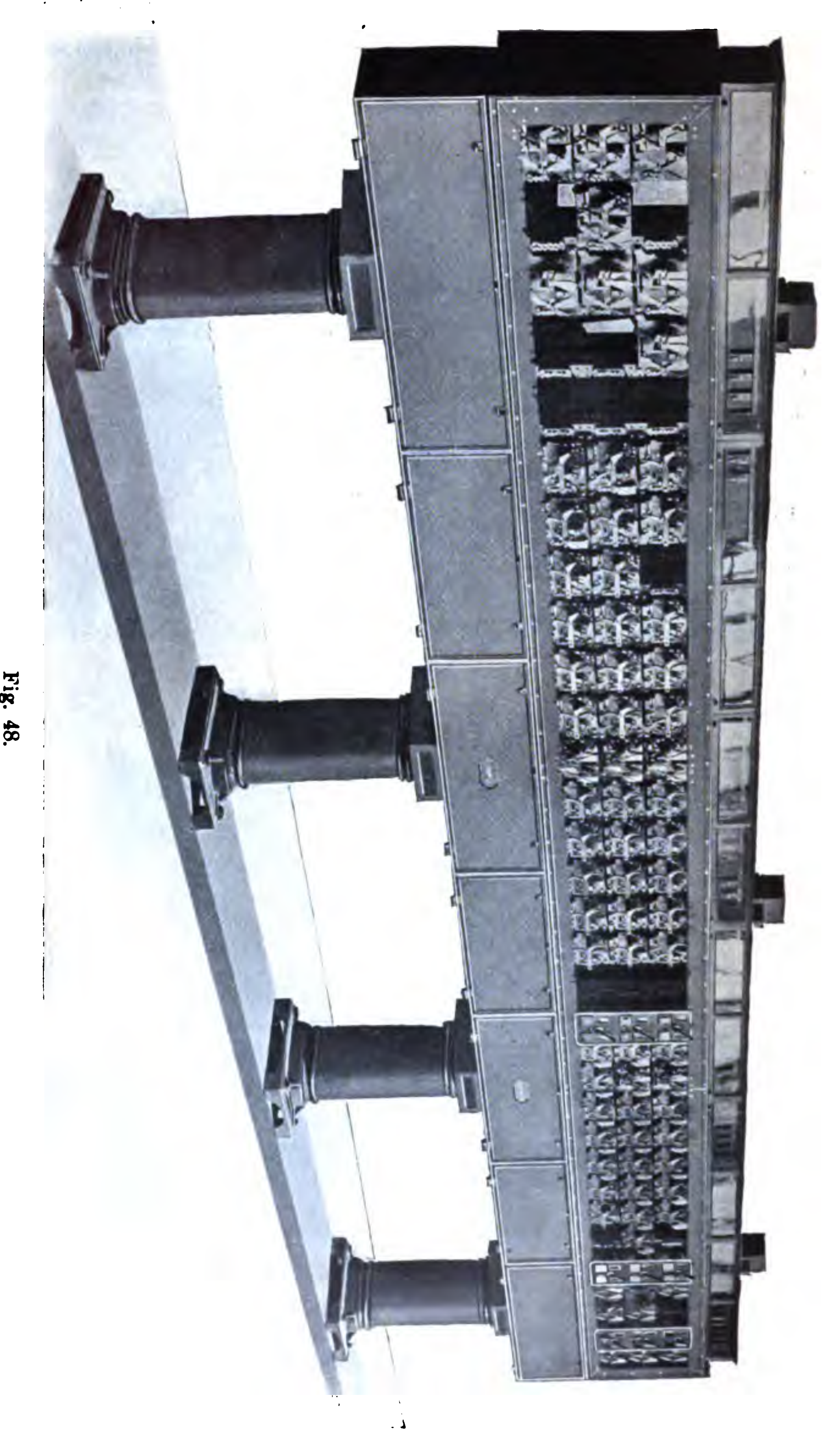


Fig. 48.
Elektrisches Stellwerk auf dem Bahnhof Untertürkheim.

der Batteriewechsler (links oben) umgestellt und der Hebelschalter (rechts unten) auf die bis dahin stromlose Laufleitung geschaltet.

Das Bild eines Stellwerkes mit eingebauten Schaltern gibt Fig. 48. Die Schalter sind sämtlich in drei Reihen übereinander angeordnet. Für je

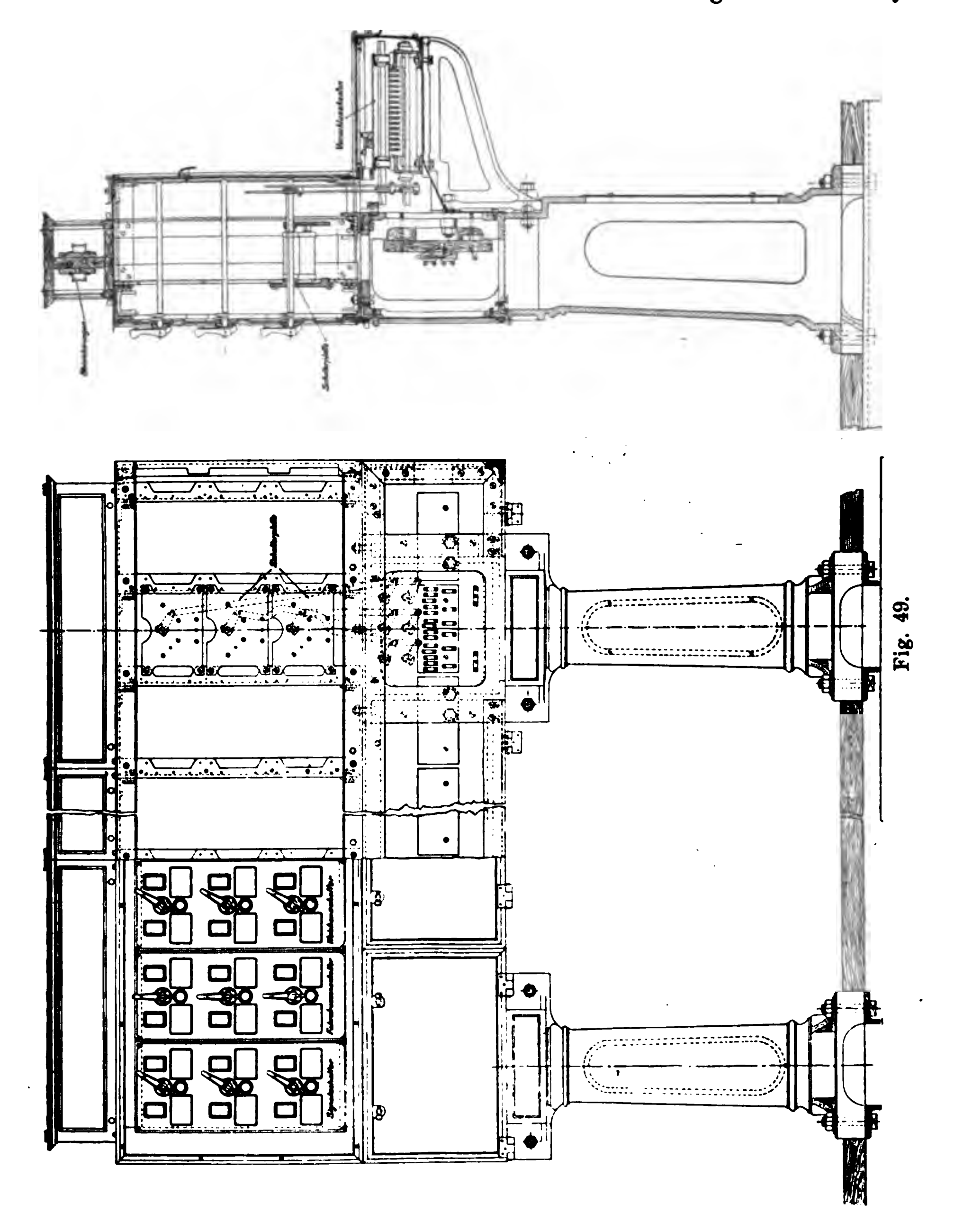


Fig. 49.

drei Schalter werden dabei in der Längsrichtung des Apparates 210 mm in Anspruch genommen. Die Stellhebel ragen aus den mit Schauöffnungen versehenen vorderen Platten heraus (Fig. 49). Der Verschlußkasten mit den Stellwerkverschlüssen ist an der Rückseite des Stellwerkes angebaut. Von den Achsen der Stellhebel führen Verbindungsstege zu Achsen in dem Ver-

schlußkasten. Diese Achsen arbeiten mit längsbeweglichen Schiebern zusammen und können durch diese in bestimmten Lagen festgehalten werden.

Oben auf dem Stellwerk sind leicht zugänglich in einem mit einem Glasdeckel verschlossenen Kasten die Bleisicherungen für die von den Batterien ausgehenden Leitungen untergebracht.

Die Leitungen von den Schaltern zu den Kabeln werden wieder durch die hohlen Stellwerkfüße geführt.

Die Stellwerke zeichnen sich, wie aus den Abbildungen erkennbar, durch einfache Ausbildung und klare übersichtliche Anordnung der Einzelteile aus. Als Nachteil wurde im Betrieb die durch die Anordnung der Schalter in 3 Reihen bedingte Höhe des Stellwerkes (1830 mm) und der infolge des gedrängten Zusammenbaus beschränkte Raum für die Unterbringung von Kontakten und Leitungen empfunden.

Für die weiteren Ausführungen wurden daher die Bedingungen gestellt: niedriger Bau der Stellwerke, so daß über sie hinweg die Vorgänge auf dem Bahnhofe beobachtet werden können, ohne beträchtliche Vergrößerung der Stellwerklänge, reichlicher Raum für übersichtliche Anordnung der Schalter, Sperren, Leitungen usw., beste Zugänglichkeit und leichte Auswechselbarkeit aller der Unterhaltung bedürftigen Teile während des Betriebes ohne Störung desselben.

Als Entfernung der Schalter voneinander im Stellwerk wurde dementsprechend 100 mm, als Höhe des Apparates 1250 mm gewählt. Die Schaltungen und die Anordnung der Schalter wurde so getroffen, daß die Innenschaltung — d. h. die Leitungen von einem Schalter zu dem anderen und von den Schaltern nach den Außenleitungen — fest im Stellwerk verlegt wird, und daß die Überwachungs- und Fahrstraßenkontakte, welche nach dem Einbau nennenswerter Unterhaltungsarbeiten nicht mehr bedürfen, ebenfalls fest in das Stellwerk eingebaut werden. Die Weichen- und Signalschalter dagegen, bei denen hauptsächlich im Betriebe Abnutzungen auftreten, werden auf besonderen Ständern aufgebaut, welche durch Steckkontakte an die Leitungen im Stellwerk angeschlossen werden. Die Schalter können so in sich fest geschaltet sein und ohne Lösung einer Leitungsverbindung aus dem Stellwerk zum Nachsehen und dgl. entfernt und sofort durch einen gleichgeschalteten Schalter ersetzt werden. Falsche Leitungsanschlüsse und unsichere Leitungsverbindungen sind dadurch nach Möglichkeit ausgeschlossen. Die Erfahrungen, die mit dieser Stellwerkform gemacht sind, sind daher auch nur günstige.

Die Fig. 24a bis d und 31 zeigen bereits einen Weichenhebel mit seinen Schaltern in seinen verschiedenen Stellungen. Die dort gewählte Darstellungsart entspricht im allgemeinen den Ausführungen, wie sie die Fig. 50a bis c zeigen.

An der Rückseite der Schalterplatte befindet sich außer dem Überwachungsmagneten noch der Weichenhebelsperrmagnet (vgl. S. 394), dessen Anker sich mit einem Sperrstück vor eine Sperrscheibe auf der Schalterachse legen und so eine Bewegung des Weichenhebels von der einen in die andere Endlage verhindern kann.

Das Umschalten des Batteriewechslers von der Überwachungs- auf die Arbeitsbatterie geschieht durch eine auf der Schalterachse sitzende Kuppel-

lasche zwangläufig, das Zurückführen in die Grundstellung durch eine Feder an dem Schalthebel des Wechslers, nachdem der Anker des Überwachungsmagneten den Fanghebel, der ebenfalls unter der Einwirkung einer Feder steht, zurseite bewegt hat. Die Bewegung des Batteriewechslers, unabhängig von der Hebelstellung, wird durch einen Schlitz in der Kuppellasche ermöglicht. Die Schalterplatte trägt an ihrem unteren Teile die Federteile der Steckkontakte. Die Stöpselteile zu den Kontakten sind an einer gußeisernen

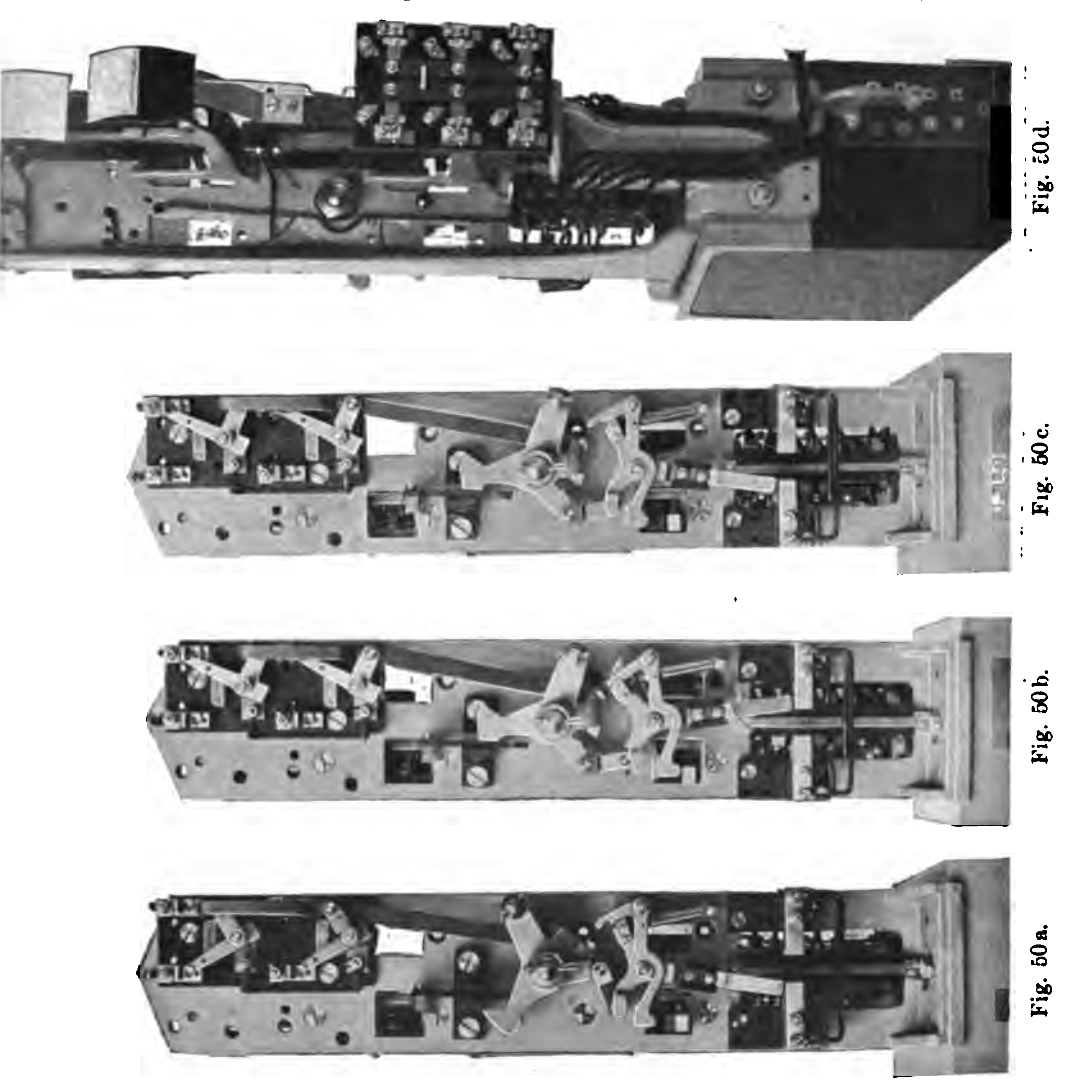


Fig. 50d.

Fig. 50c.

Fig. 50b.

Fig. 50a.

Platte im Stellwerk befestigt. Auf dieser Platte sind auch die Überwachungskontakte aufgesetzt (vgl. Fig. 50d). Sie werden durch eine einfache Kupplung beim Einsetzen der Schalter in das Stellwerk mit diesen gekuppelt. Die Steckkontaktplatte trägt noch Anschlußklemmen zur Anschaltung der Kabelleitungen.

Der Signalschalter (Fig. 51a und b) weicht nur unwesentlich von dem Weichenschalter ab. Der mit dem Hebelschalter verbundene Schalthebel leitet den Signalkuppelstrom beim Umlegen des Signalhebels in die Fahrt-

stellung in die Kuppelstromleitung des Signales (vgl. Fig. 27) weiter. Aus den Figuren ist ersichtlich, daß der Sperrmagnet am Schalter die Sperrscheibe auf der Hauptachse des Schalters bei unterbrochenem Kuppelstrom nur in der Haltlage (Fig. 51 a) des Signalhebels festhält, nicht aber in der Fahrtlage (Fig. 51 b).




Fig. 51 a.



Fig. 51 b.

Auf dem Schalter ist noch der Flügel-Rückmeldemagnet zu erkennen. Seine Farbscheibe besteht aus einem schmalen Streifen, welcher sich vor die Farbscheibe des Sperrmagneten legt.

Die Schalterplatten sind unten mit einem Fuß versehen, mit welchem sie auf eine wagerechte Fläche im Stellwerk aufgestellt werden.

Ein Stellwerk mit eingebauten Weichen- und Signalschaltern zeigt Fig. 52 von dem Standort der Wärters aus gesehen. Den oberen Teil bildet der Verschlußkasten mit den Stellhebeln und den mechanischen Stellwerkverschlüssen. Nach Abnahme des oberen Deckels liegen die Verschlüsse übersichtlich und leicht auswechselbar dar. Der mittlere Teil enthält ein ⊏ Eisen, auf welchem die Schalter mit ihren Elektromagneten mit Farbscheiben und den Kuppelstromkontakten nach vorn und den Umschaltern nach hinten gerichtet aufgestellt sind. Die gewöhnlichen Unterhaltungsarbeiten — Reinigen und Ölen — und die Auswechselung der Schalter können nach Abnahme der hinteren Abschlußdeckel ohne Belästigung der Wärter ausgeführt werden. Nach Entfernen der vorderen Deckel sind alle Teile des Stellwerkes bequem zugänglich. Unter den Schaltern sind in einem leicht zu öffnenden Kasten die an die Batterien angeschlossenen Stromschienen und Schmelzsicherungen untergebracht. Im untersten Teil des Stellwerkes sind Winkeleisenschienen befestigt, welche zur Anbringung der Endverschlüsse für die Kabel der Antriebe dienen.

Die Fahrstraßenschalter wurden zunächst mit den übrigen Schaltern in einer Reihe in das Stellwerk eingebaut und ebenfalls durch Steckkontakte an die Leitungen angeschaltet. Da sie aber keine Teile besitzen, welche sich im Betriebe erheblich abnutzen und besonderer Wartung bedürfen, so wurden sie bei späteren Ausführungen fest in das Stellwerk eingebaut und zwar in einem Aufbau oberhalb der Signalhebel (vgl. Fig. 53). Hierbei kann zwar der Wärter an der Stelle, wo der Fahrstraßenaufbau sich be-

findet, nicht mehr über das Stellwerk sehen. Da aber im allgemeinen die Zahl der Fahrstraßenschalter im Verhältnis zu der der übrigen Schalter eine nur geringe ist, so wird der Ausblick nur wenig beschränkt. Dafür wird aber der Vorteil erreicht, daß die Stellwerke kürzer und durch das nahe Beisammenliegen der Signal- und Fahrstraßenhebel übersichtlicher und

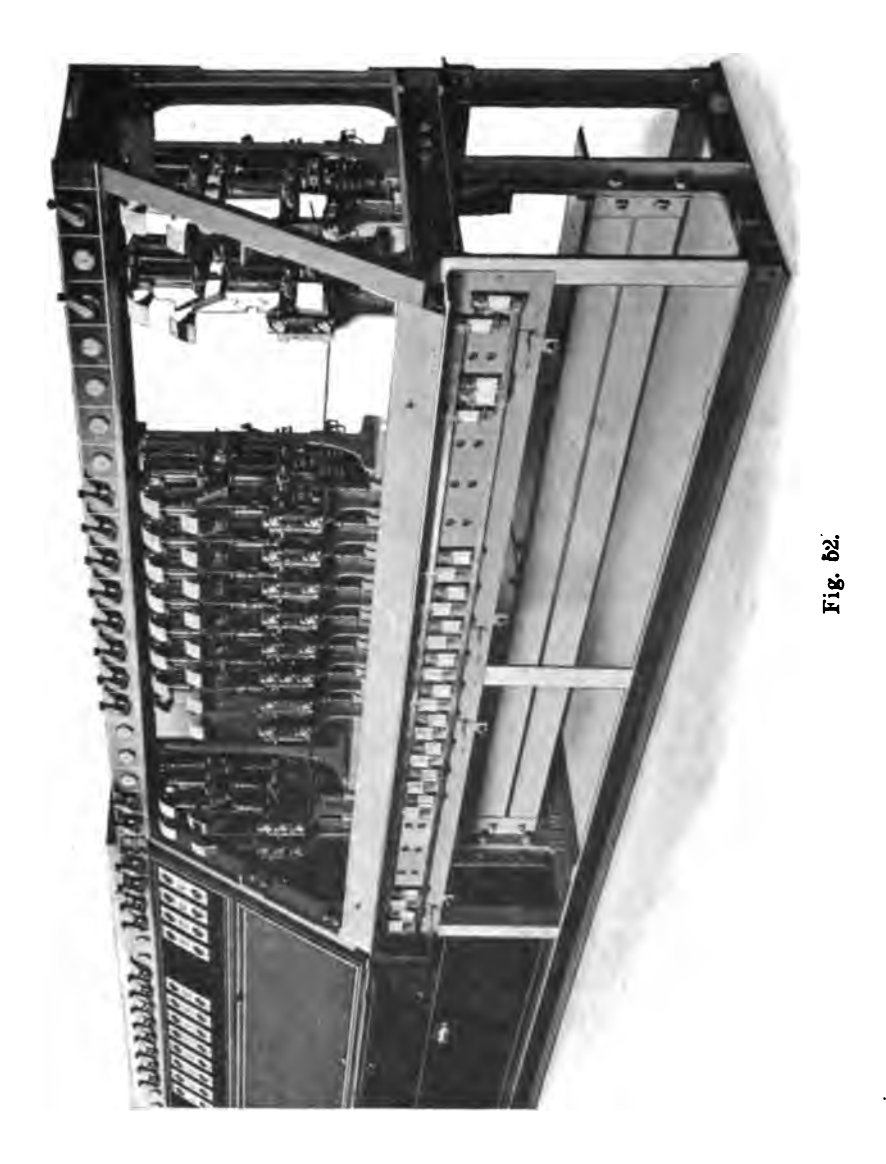


Fig. 52.

leichter bedienbar werden. Auch die Fahrstraßenkontakte lassen sich zugänglicher anordnen. Ihr Einbau ist aus Fig. 54 zu ersehen. Sie bestehen aus einer Reihe von Kontaktknöpfen, über welche isolierte Metallstege schleifen. Beim Umlegen des Fahrstraßenhebels aus der Mittellage nach der einen oder anderen Seite wird durch eine Kuppelschiene, welche an der Hebelachse angreift, ein geradlinig geführter Steg, auf welchem die Kontaktstege sitzen, nach oben oder unten geschoben und dadurch je ein Satz Kontaktknöpfe miteinander verbunden. Für die Sperrung der Fahrstraßen-

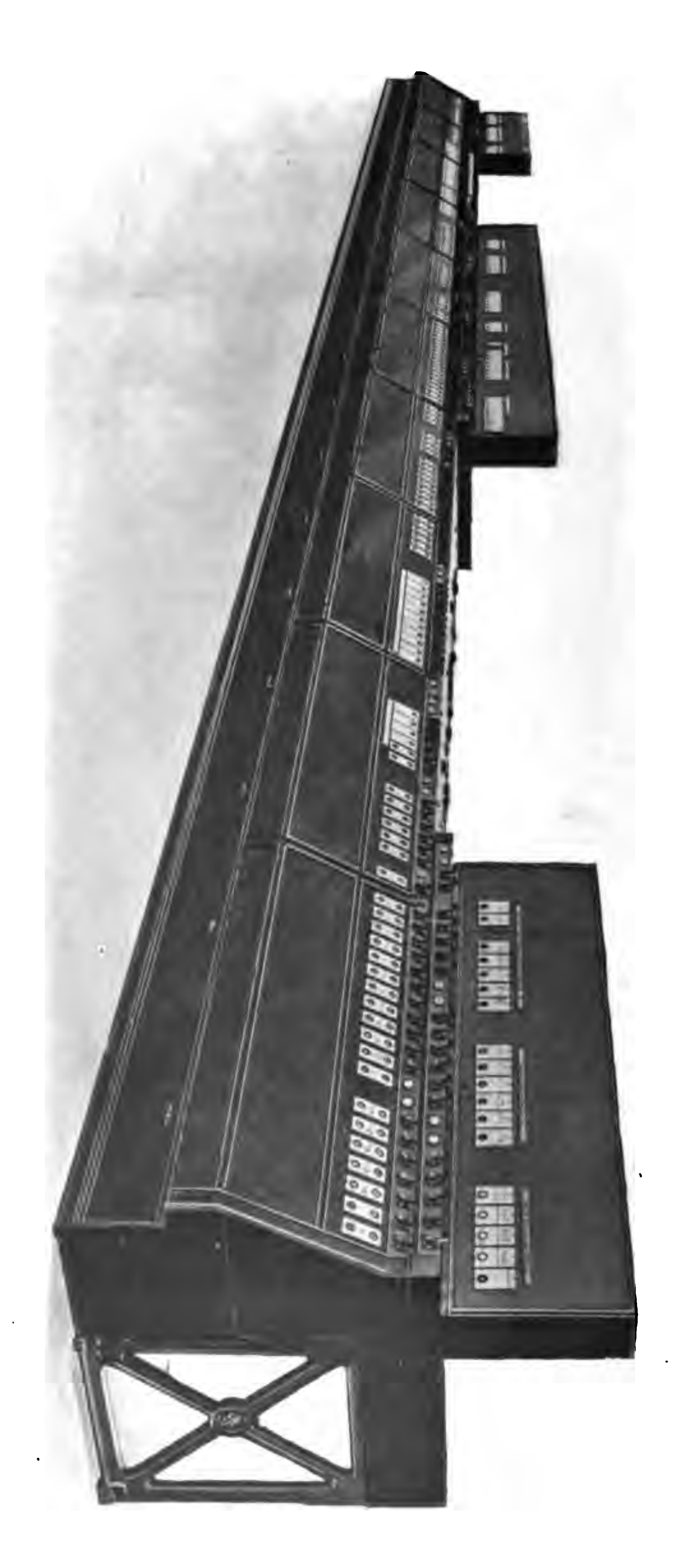


Fig. 53a.
Elektrisches Stellwerk auf dem Bahnhof Brüssel-Nord.

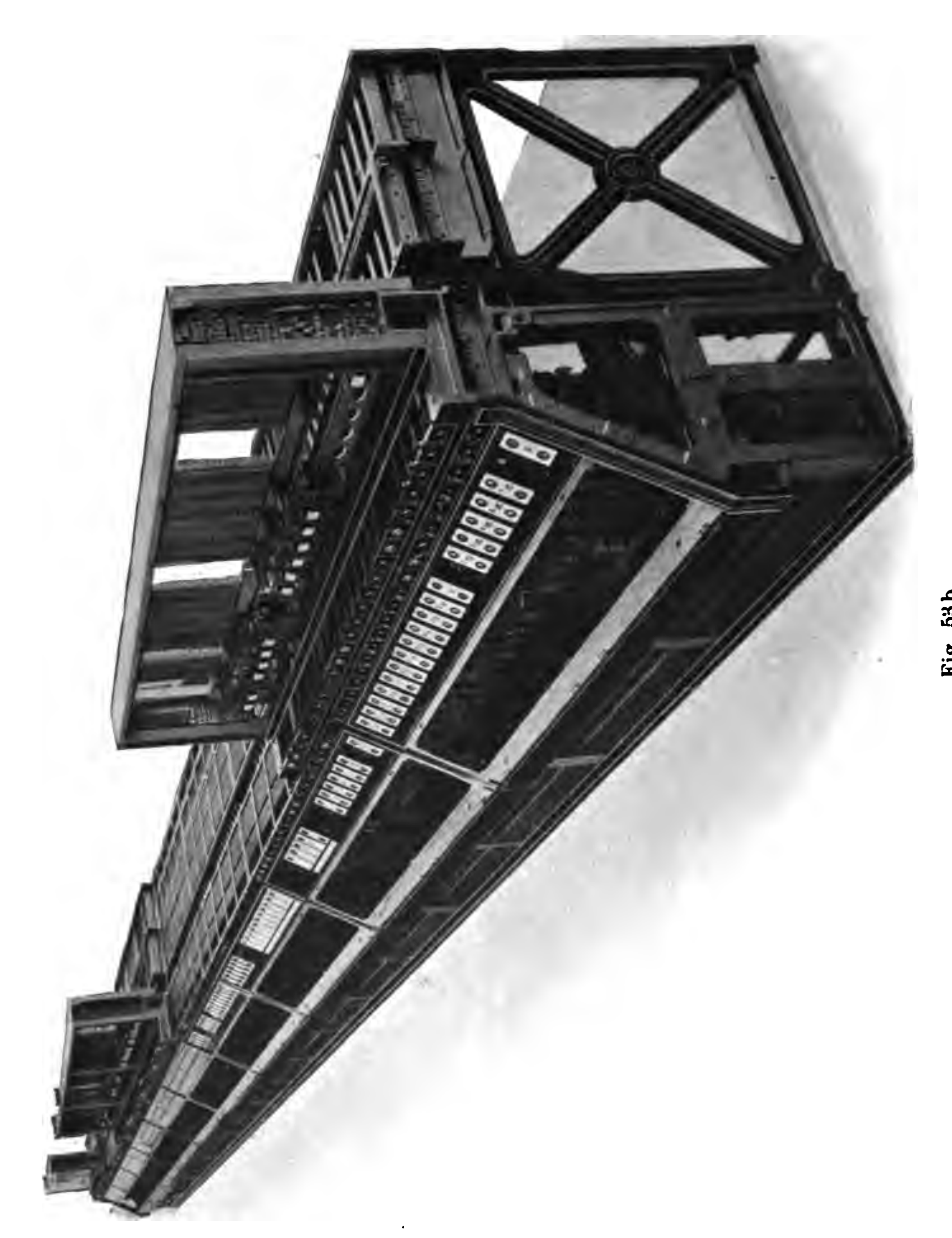


Fig. 53b.
Elektrisches Stellwerk auf dem Bahnhof Brüssel-Nord.

hebel (S. 371) sind Sperrstücke auf den Hebelachsen aufgesetzt, welche mit den Ankern der Sperrmagnete zusammenspielen.

Die Ausbildung der eingebauten Fahrstraßenschalter zeigen Fig. 55a und b. Die Schalterplatte ist die gleiche, wie bei den Weichen- und Signalschaltern. Das Sperrstück sitzt auf der Schalterachse. Die abgefallenen Anker der Sperrmagnete (oberer Magnete) legen sich vor das Sperrstück und ververhindern die Bewegung der Achse. An den Ankern sind Kontakte be-

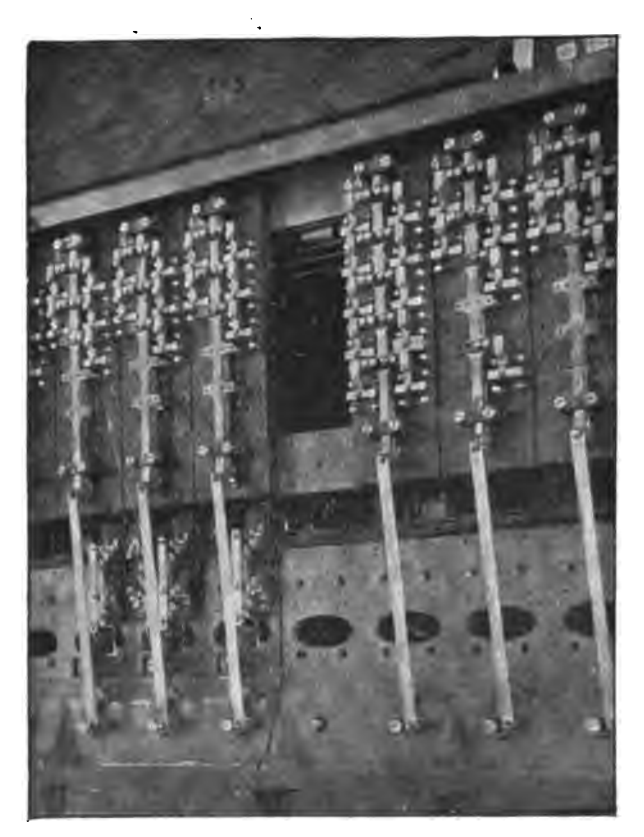


Fig. 54.



Fig. 55a.



Fig. 55b.

festigt, welche nur bei abgefallenen Ankern, also verschlossenem Fahrstraßenhebel geschlossen sind. Die Fahrstraßenkontakte sitzen auf einer besonderen Platte am Trageisen des Stellwerkes befestigt Fig. 55 b. Beim Einschieben der Schalterplatte kuppelt sich die Schalterachse mit einer Achse auf der Kontaktplatte, durch welche die Kontakte angetrieben werden.

h) Stromlieferungsanlage.

Als Stromquelle werden Akkumulatoren benutzt. Ihre Kapazität ist so groß gewählt, daß sie mindestens für einen 48-stündigen Betrieb reichen, so daß, tägliche Ladung vorausgesetzt, stets eine Reserve

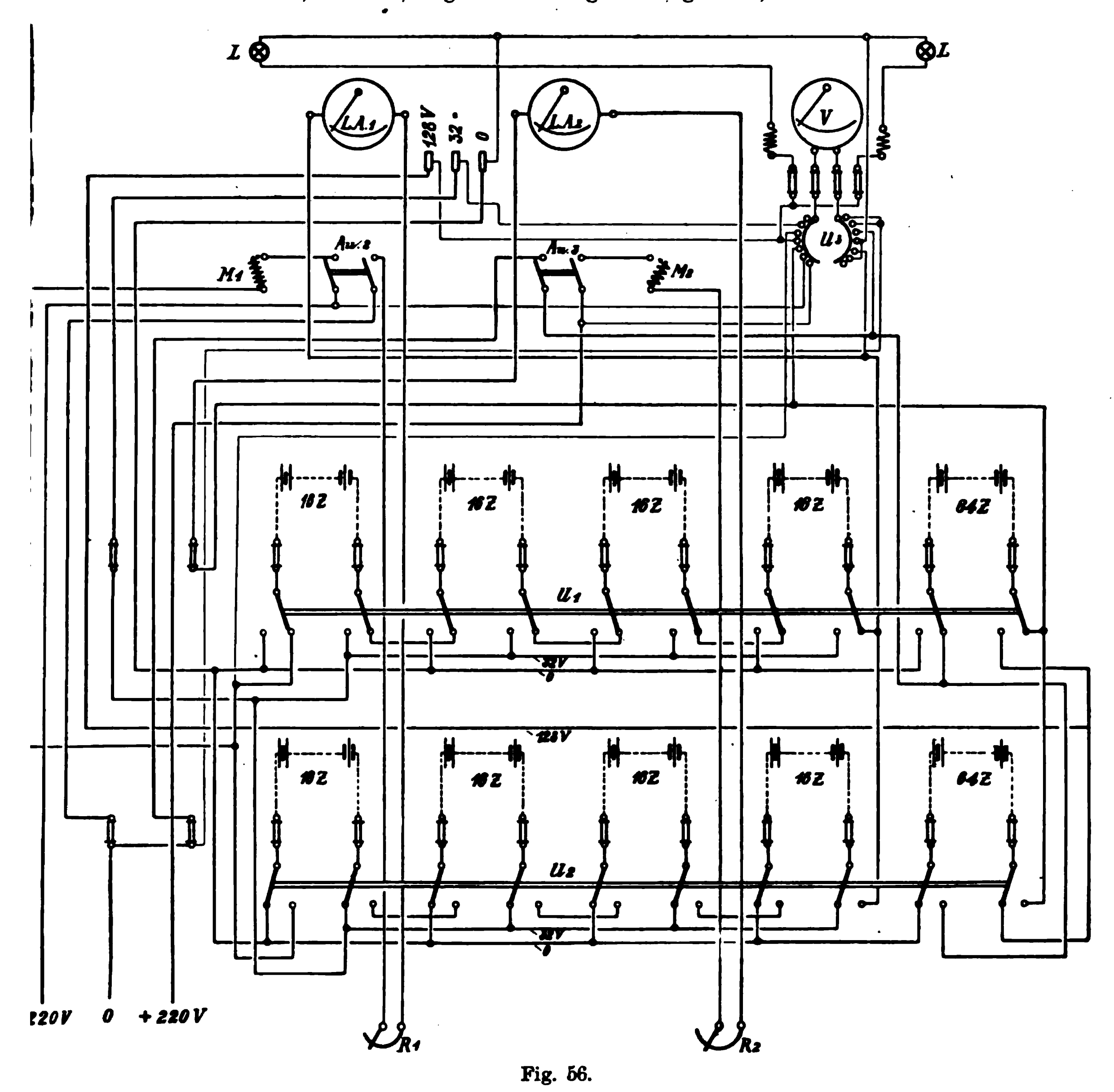


Fig. 56.

für mindestens 24-stündigen Betrieb vorhanden ist. Bei Anlagen mit regem Betrieb werden aus den Batterien für 100 Motoren etwa 1·5 Kwstd. für die Arbeitströme und 7 Kwstd. für die Überwachungströme, die Signalströme und sonst noch erforderliche Ströme verbraucht. Für den Arbeitstrom wird eine Spannung von 120 bis 130 Volt, für den Überwachungstrom von 24 bis 32 Volt verwendet. Die Arbeitsbatterie muß demnach für 100 Motoren

eine Kapazität von rund 24 Amperestunden, die Überwachungsbatterie von 500 Amperestunden besitzen. Der bequemeren Ladung und besseren Ausnutzung des Ladestromes wegen wird die Überwachungsbatterie gewöhnlich in mehrere Gruppen unterteilt, welche für die Entladung nebeneinander, für die Ladung hintereinander geschaltet werden.

Besonderer Wert wird darauf gelegt, daß stets mehrere Stromquellen unabhängig voneinander die nötigen Ströme hergeben können, damit bei

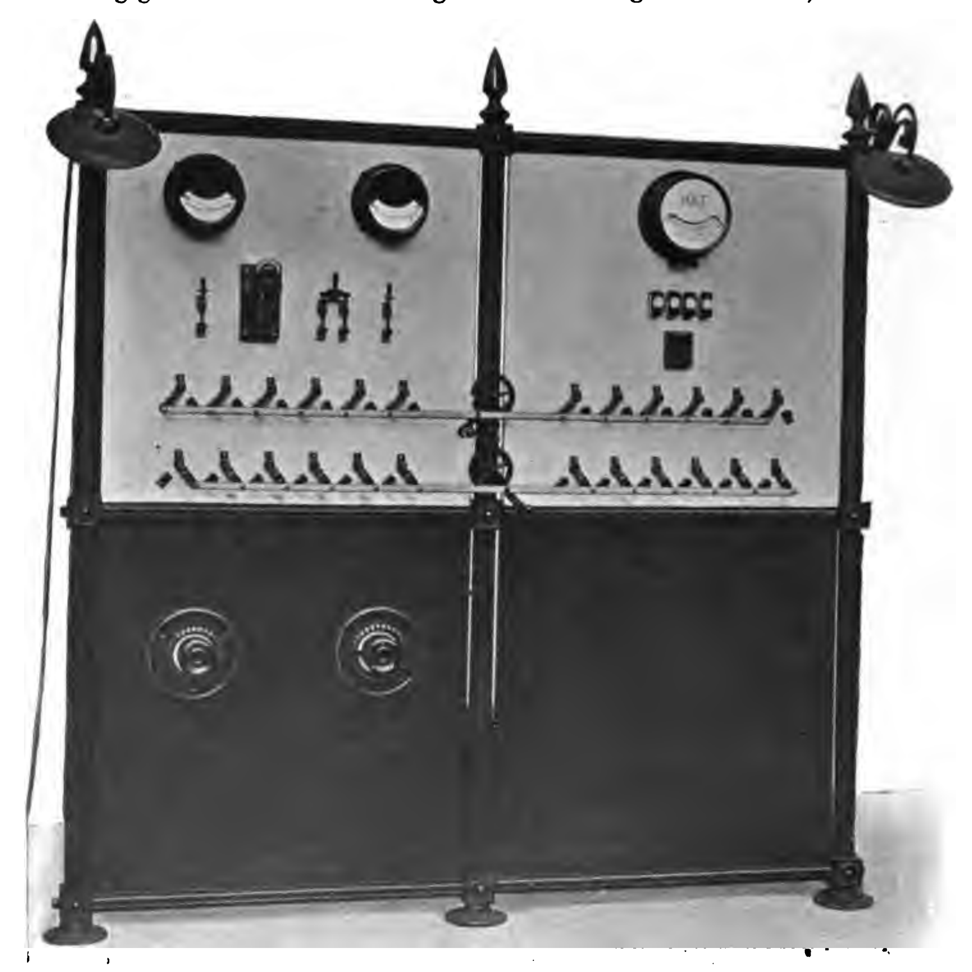


Fig. 57.

etwaigen Störungen in der einen der Stellwerkbetrieb nicht still gelegt wird. Es sind daher die Ladeeinrichtungen meistens so eingerichtet, daß die Ladeströme unmittelbar als Betriebströme dienen können, oder die Batteriesätze sind verdoppelt, oder es sind beide Vorsichtsmaßregeln getroffen. Im übrigen ist die Batterieanordnung in erster Linie durch die Art des vorhandenen Ladestromes bedingt. Von wesentlichem Einfluß auf die Gestaltung der Anlage ist aber auch die Einfachheit in der Bedienung, da man in vielen Fällen mit wenig oder gar nicht geschultem Personal für die Unter-

haltung und Bedienung der Anlage zu rechnen hat. Die Frage der **wirtschaftlichsten** Anordnung steht demgegenüber erst in zweiter Linie, zumal der Stromverbrauch ein so geringer ist.

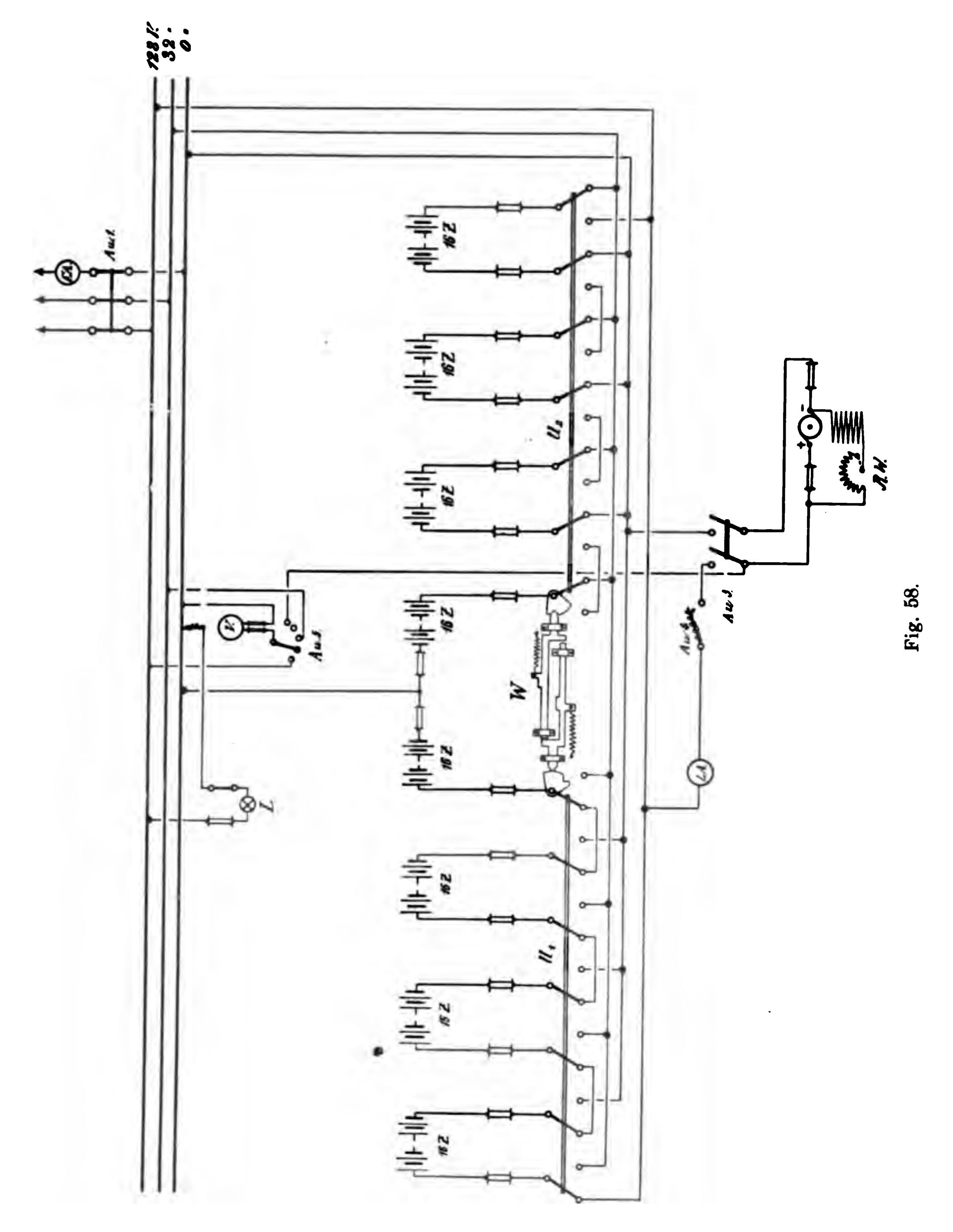


Fig. 58.

Eine viel ausgeführte Schaltung für große Anlagen bei vorhandenem Ladestrom von 220 Volt Spannung zeigt Fig. 56. Für die Arbeits-

batterie und die Überwachungsbatterie sind je 2 Satz von 64 Zellen vorhanden, welche zur Ladung bis 173 Volt Spannung gebrauchen. Die einzelnen Gruppen der Überwachungsbatterien werden durch einen Satz gekuppelter Schalter zur Ladung in Reihe, zur Entladung nebeneinander geschaltet. Die Umschalter für die Arbeitsbatterie sind mit diesen Schaltern ebenfalls fest gekuppelt, so daß mit einem Griff durch Umlegen des Schalthebels die Batterien auf Ladung oder Entladung geschaltet werden. Zwischen den Schalthebeln der beiden Batteriesätze ist eine derartige Abhängigkeit (Wechselsperre) eingebaut, daß stets ein Satz auf Entladung stehen muß, bevor der andere auf Ladung geschaltet werden kann. Unterbrechung der wichtigen Überwachungsströme durch unrichtiges Bedienen der Schalthebel ist daher ausgeschlossen. Für die Ladung sind nur wenige Handgriffe erforderlich.

Der obere Batteriesatz ist in Ladestellung, der untere in der Entladestellung dargestellt. In dieser Stellung hält der Schalter U_1 den Schalter U_2 verriegelt. Für die Arbeitsbatterie und die Überwachungsbatterie sind je ein Ladeschalter Au_2 und Au_3, zwei Regulierwiderstände R_1 und R_2 und zwei Minimalausschalter M_1 und M_2 vorgesehen. Ein gemeinsamer Spannungszeiger V mit Schalter U_3 läßt die Lade- und Entladespannungen messen. LA_1 und LA_2 sind die Ladestrommesser.

Eine für diese Batterieanordnung benutzte Schalttafel zeigt Fig. 57.

Steht zum Laden Gleichstrom überhaupt nicht oder nur von höherer Spannung zur Verfügung, so wird ein Umformer aufgestellt. Für diesen Fall geschieht die Schaltung nach Fig. 58.

Zweimal 64 Zellen in 4 Gruppen geben in Hintereinanderschaltung die Arbeitströme, in Nebeneinanderschaltung die Überwachungströme usw. her. Während der Ladung der einen Batterie in Hintereinanderschaltung steht stets die andere in Nebeneinanderschaltung als Überwachungsbatterie. Der Zwang hierzu wird wieder durch eine Wechselsperre hergestellt. In der Ladezeit wird der Arbeitstrom unmittelbar aus dem Umformer entnommen. Es ist dies zulässig, da die Antriebmotoren gegen die beim Laden auftretenden Spannungsänderungen ziemlich unempfindlich sind. Die Zellentype ist reichlich groß bemessen, so daß stets genügende Stromreserve vorhanden ist. Die Batterien können, wie ersichtlich, sich gegenseitig als Aushilfe dienen.

Ein 5- bis 7-pferdiger Motor reicht für alle Fälle zum Laden aus. Ist elektrischer Strom auf dem Bahnhof nicht vorhanden, so werden zur Ladung Benzin- oder Dampfdynamo verwendet.

2. Siemens-System in England.

Das Siemens-System hat auch in England Einführung gefunden. Es hat dabei einige nicht wesentliche Abänderungen erfahren, durch welche es sich den auf den englischen Bahnhöfen üblichen Einrichtungen und den dort gültigen Vorschriften anpaßt.

Aus dem Schaltplan Fig. 59 ist die Schaltung der Signal- und Weichenmotore zu entnehmen. Diejenige für die Weichenmotore entspricht vollständig der S. 365 beschriebenen. Es ist die Schaltung zweier von einem Hebel gesteuerter Antriebe zur Darstellung gebracht. Die Weichenmotore sind parallel geschaltet und laufen daher stets gleich-

zeitig. Der Überwachungstrom tritt erst auf, wenn beide Antriebe sich in der der Lage des Weichenhebels entsprechenden Stellung befinden. Er überprüft dazu die Kontakte an den Weichenantrieben und den Weichenzungen hintereinander. Bei den Signalschaltern ist ein Überwachungstrom nicht vorgesehen, was auch nicht unbedingt notwendig erscheint. Für den einen Signalmotor, welcher mit Hilfe elektrischer Flügelkupplungen 3 verschiedene untereinander feindliche Signalflügel ziehen kann, sind 3 besondere

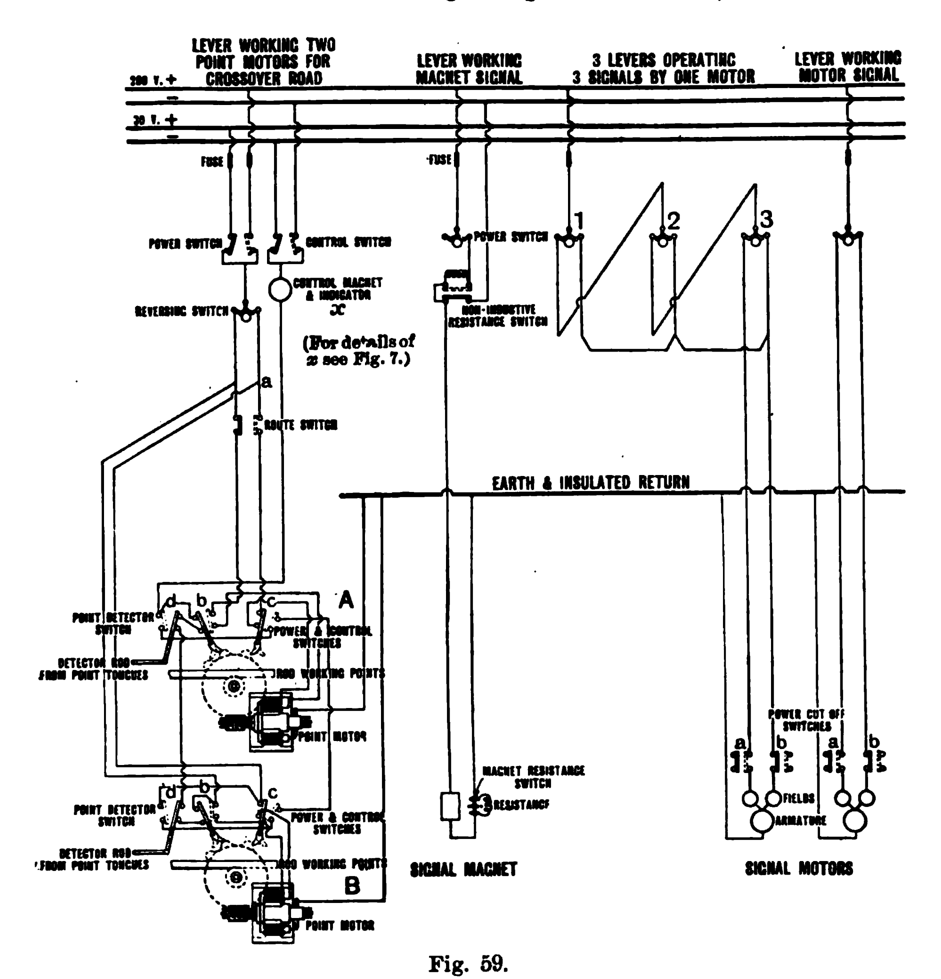


Fig. 59.

Signalschalter vorhanden, während es in Deutschland im allgemeinen hierfür nur einen Schalter gibt.

Für eine besondere Signalart (ground signal), welche meist zur Signalisierung kurzer Fahrstraßen aus und in Rangiergleise dient, wird als Antrieb nicht ein Motor, sondern ein Hubmagnet verwendet, dessen Schaltung in der Abbildung ebenfalls dargestellt ist.

Wie ersichtlich, beträgt bei dem vorliegenden Beispiel die Spannung des Arbeitstroms 200 V., diejenige des Überwachungstroms 20 V. Die Kuppelstromschaltung ist nicht mit dargestellt. Sie ist insoweit abgeändert, als den üblichen englischen Systemen entsprechend Fahrstraßenhebel und Fahrstraßenverschlüsse nicht vorhanden sind. Die Fahr-

straßenkontakte zum Auswählen der Signalkuppelströme sind mit den Weichenhebeln verbunden. Die Kuppelströme sind daher außer über die Überwachungskontakte über die Fahrstraßenkontakte jeder einzelnen Weiche zu führen (Fig. 60). Neben der geringeren Sicherheit durch Wegfall der Fahrstraßenverschlüsse verlangt diese Schaltungsart eine größere Anzahl von Fahrstraßenkontakten, was namentlich bei größeren Anlagen mit vielen Fahrstraßen von Nachteil ist.

Der Weichenhebel mit den Weichenschaltern und den Fahrstraßenkontakten Fig. 61 entspricht im wesentlichen den S. 398 ff. beschriebenen Konstruktionen.

Der Weichenantrieb (Fig. 62) benutzt ebenfalls die aus der Beschreibung S. 281 ff. bekannten Teile. Um mit dem Gehäuse vollständig unter

Fig. 60

Fig. 61.

Schienenoberkante zu bleiben ist der Motor nicht über, sondern neben dem Schneckengetriebe in das Gehäuse eingebaut. Außer dem Steuerschalter ist

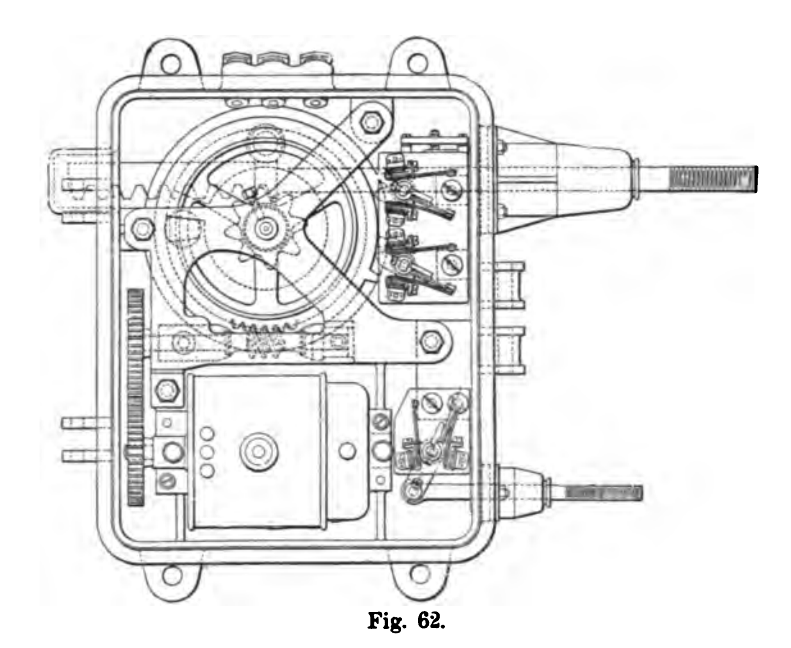


Fig. 62.

noch ein besonderer von den Weichenzungen bewegter Zungenüberwachungskontakt in dem Antrieb eingebaut (vgl. S. 358).

Der Signalantrieb für die Hauptsignale ist der auf S. 389 ff. beschriebene.

Ein niedriges Grundsignal mit elektromagnetischem Antrieb ist in Fig. 63 dargestellt. Es besteht aus einem hohlen Pfosten, in dessen oberen Teil eine nach beiden Seiten leuchtende Signallaterne sich befindet, und einem kurzen Signalarm, welcher zur Fahrtstellung von dem Hubmagneten um 45° nach abwärts gezogen wird. Der Kern *a* (Fig. 64) des Magneten trägt an seinem oberen Ende *c* eine Ankerplatte, an seinem unteren Ende ist er abgesetzt. Die Zugkraft des Magneten ist infolgedessen praktisch fast konstant. Je weiter der Kern in die Spule eingeschluckt wird,

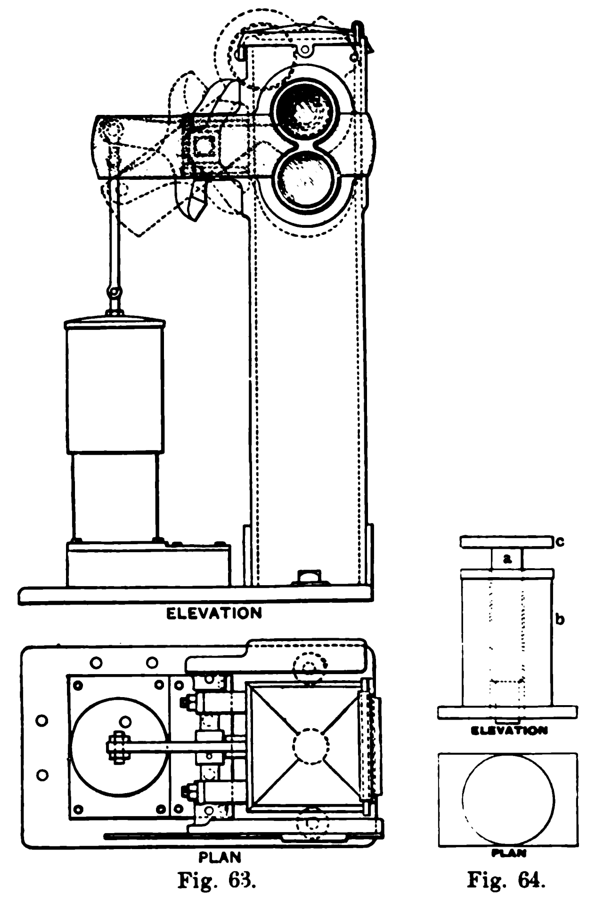


Fig. 63.

Fig. 64.

je schwächer also die Zugkraft des zylindrischen Teils wird, um so mehr Kraftlinien gehen durch die Ankerplatte und um so wirksamer für die Zugkraft wird diese. Gegen Ende des Hubes arbeiten die Wirkungen des Kernes und der Ankerplatte gegeneinander und lassen die Platte sich sanft gegen die Spule legen. Der Hub des Kernes beträgt etwa 150 mm bei 210 Volt Spannung. Seine Zugkraft soll gegen 28 kg sein. Er hat den

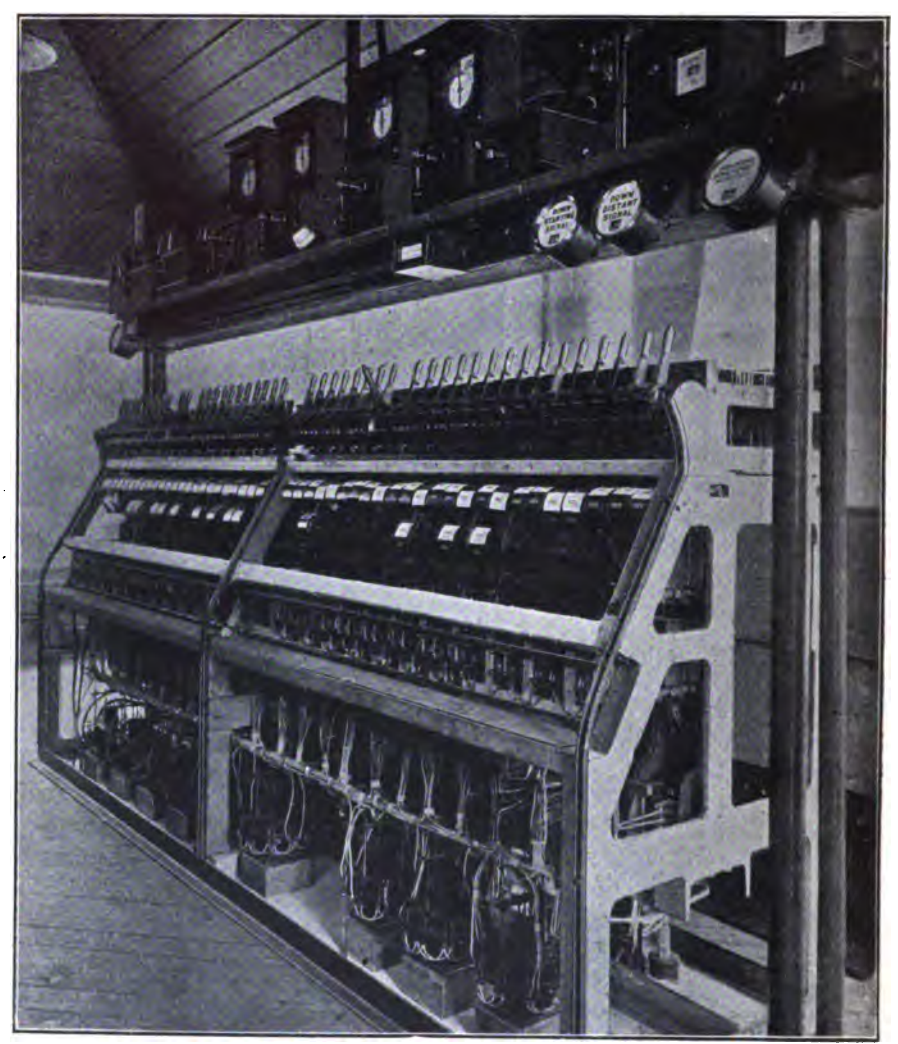


Fig. 65.

Signalarm nur in die Fahrtstellung zu ziehen und in ihr zu halten. Für letzteren Zweck schaltet der Antrieb zur Verringerung des Stromverbrauchs meist noch einen Widerstand selbsttätig ein. Die Haltstellung des Signalarmes geschieht nach Unterbrechung des Haltstromes durch sein Eigengewicht.

Für diese einfache Aufgabe und die zum Bewegen des kleinen und leichten Armes geringe Leistung, erscheint die Verwendung eines Hubmagneten noch angängig.

Ein Stellwerk mit eingebauten Schaltern zeigt Fig. 65. Es zeigt fast

den gleichen Bau wie diejenigen nach Fig. 52. Charakteristisch für das Äußere englischer Kraftstellwerke ist die Ausbildung der Stellhebel. Die Schalter stehen in einem Abstand von etwa 50 mm voneinander. Die oberhalb des Stellwerkes sichtbaren Apparate sind Signalrückmelder und Blockapparate.

3. System Jüdel.

Neben dem SIEMENS-System hat in Deutschland das System JÜDEL in größerem Umfange Eingang gefunden. Es verwendet die auch im erstgenannten System angewendeten Schaltungen für die Stellwerkanlagen. Für die Weichenantriebe kommen dabei namentlich die Schaltung nach Fig. 23 und 25 und für die Signalantriebe und die Fahrstraßen diejenige nach Fig. 27 mit nicht wesentlichen Abweichungen in Frage. Grundsätzliche Unterschiede bestehen auch nicht bei der Ausbildung der Antriebe.

a) Weichenantrieb.

Bei dem Weichenantrieb (Fig. 66) treibt ein Motor *1* über ein Zahnradvorgelege *3*, *4* ein Schneckengetriebe *7*, *9* an. Der Zahntrieb *10* auf dem Schneckenrade steht mit einer Zahnstange *11* in Eingriff, welche mit dem Spitzenverschluß der Weiche verbunden ist. Die Umschaltung des Motors im Antrieb bewirken zwei Steuerschalter *17*, *18*, welche Springkontakte b_1 b_2 steuern. Die Steuerschalter greifen mit Röllchen in eine Steuerrille *16* in dem Schneckenrade ein und werden durch dieselbe bei einer Bewegung des Antriebes zwangläufig bewegt. In den Endlagen ist entsprechend den Schaltungen Fig. 23 durch die Steuerkontakte die eine Überwachungsleitung an den Überwachungsmagneten und die eine Laufleitung an den Motor angeschaltet. Bei Beginn der Bewegung des Antriebes wird die Überwachungsleitung unterbrochen und auch die zweite Laufleitung an den Motor angelegt.

Von den mit den Weichenzungen fest verbundenen Verschlußhaken werden Schalter *21*, *22* mitgenommen, welche in den Endlagen der Weichenzungen durch ihre Kontakte C_1 C_2 die eine oder andere Überwachungsleitung (l_3 l_4) schließen. Die nicht geschlossene Überwachungsleitung ist durch einen der Kontakte zum Schutz gegen Beeinflussung des Überwachungsmagneten durch fremde Ströme an den geerdeten Pol der Stromquelle angelegt.

Die Bewegung des Schneckenrades *9* ist durch Anschläge *12*, *13* begrenzt. Läuft der Motor weiter, nachdem das Rad gegen den Anschlag *13* angelaufen ist, so löst sich eine in dem einen Übertragungsrade *4* auf der Schneckenachse *5* befindliche Reibungskupplung *6*, so daß der Motor allein weiter laufen kann. Er kommt infolge der Abschaltung des Stromes und der Reibungsarbeit in der Kupplung zum Stillstand. Das gleiche tritt ein, wenn vor Beendigung des Stellweges die Zahnstange durch irgend ein Hindernis an einer Weiterbewegung gehindert wird (vgl. S. 367).

Beim Aufschneiden der Weiche dreht die Zahnstange *11* das Schneckenrad und die nicht selbstsperrende Schnecke *7* mit dem Zahnrad *4*. Da der Motoranker stehen bleibt, löst sich hierbei die Kupplung. Die Unterbrechung des Überwachungstroms wird sowohl durch die Steuerkontakte, wie die

Zungenkontakte bewirkt. Um ein unbeabsichtigtes Rückdrehen des Antriebes zu verhüten, drückt ein unter Federdruck stehender Sperrkegel *27* gegen den Umfang des Schneckenrades.

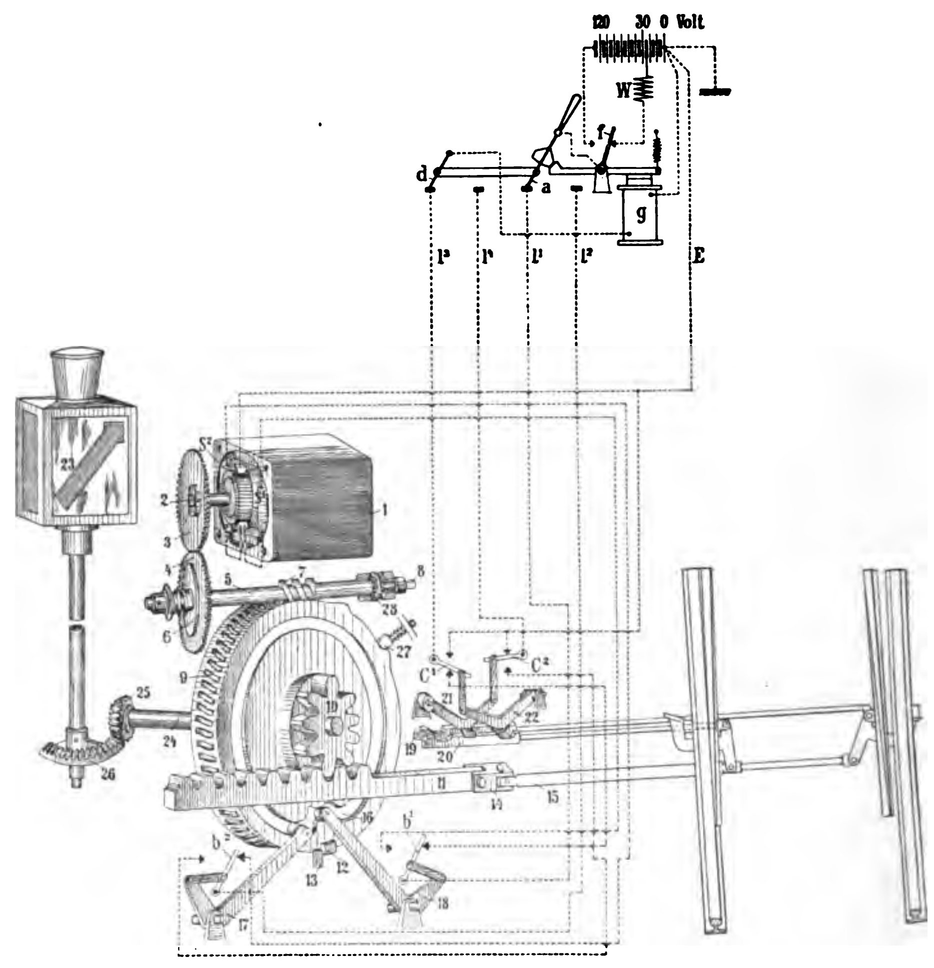


Fig. 66.

Die Antriebteile sind in der dargestellten Anordnung übereinander in einem gußeisernen verschlossenen Gehäuse untergebracht.

b) Signalantrieb.

Bei dem Signalantrieb (Fig. 67a bis c) treibt der gleiche Motor, wie bei den Weichenantrieben wiederum über ein Zahnradvorgelege mit Kupplung ein Schneckengetriebe. Auf der Schneckenradachse sitzt eine Antriebkurbel *8*, welche durch eine Lasche *9* einen Doppelhebel *10* antreibt (Fig. 67b). Von dem Hebel *10* führt eine Stange *11* nach den Flügelkupplungen. Diese sind nach dem S. 389 ff. beschriebenen Prinzip ausgebildet. Die Abbildungen zeigen sie in den verschiedenen Lagen Fig. 67a bei Haltstellung der Signalflügel und des Antriebes, Fig. 67b bei Fahrt-

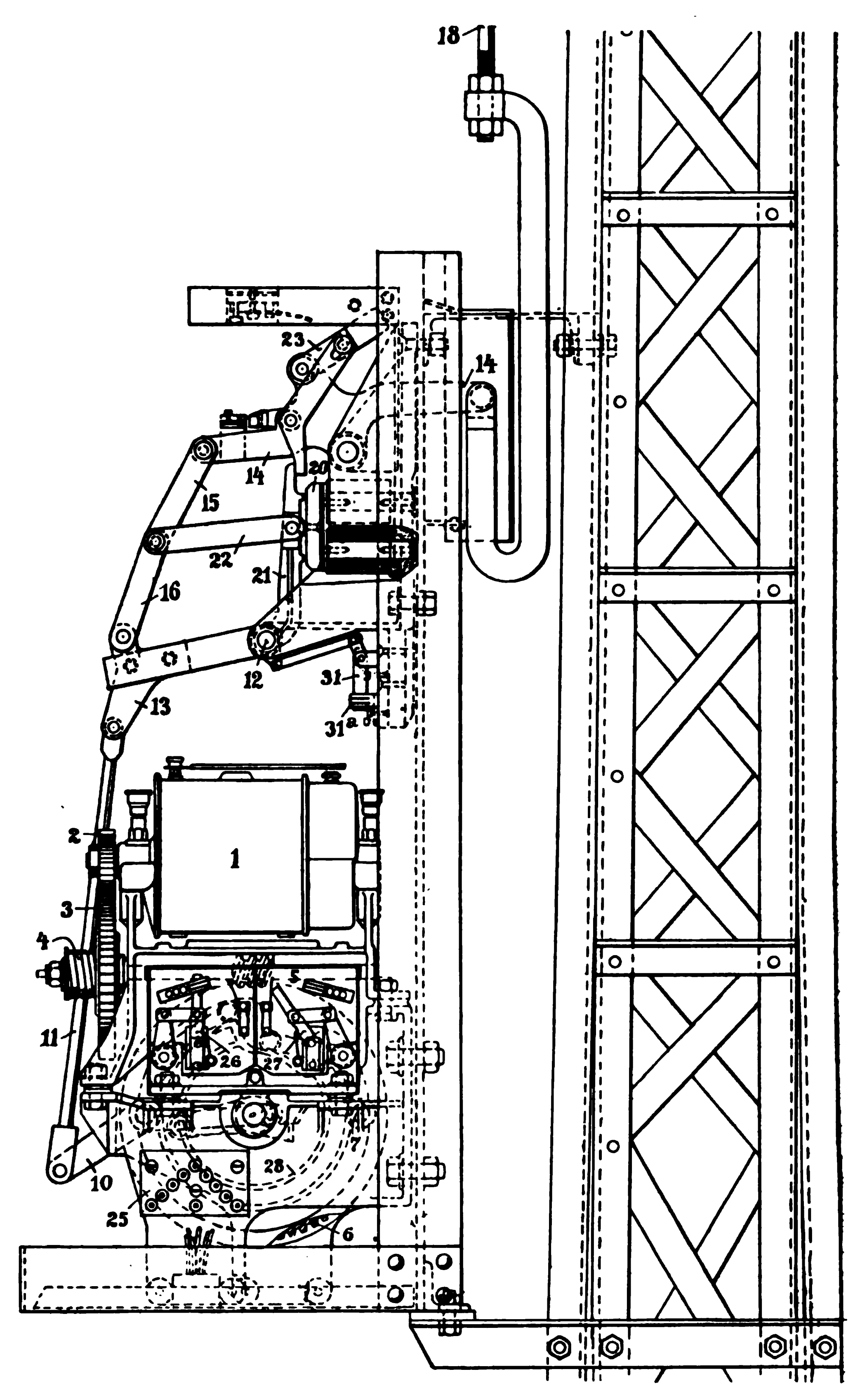


Fig. 67a.

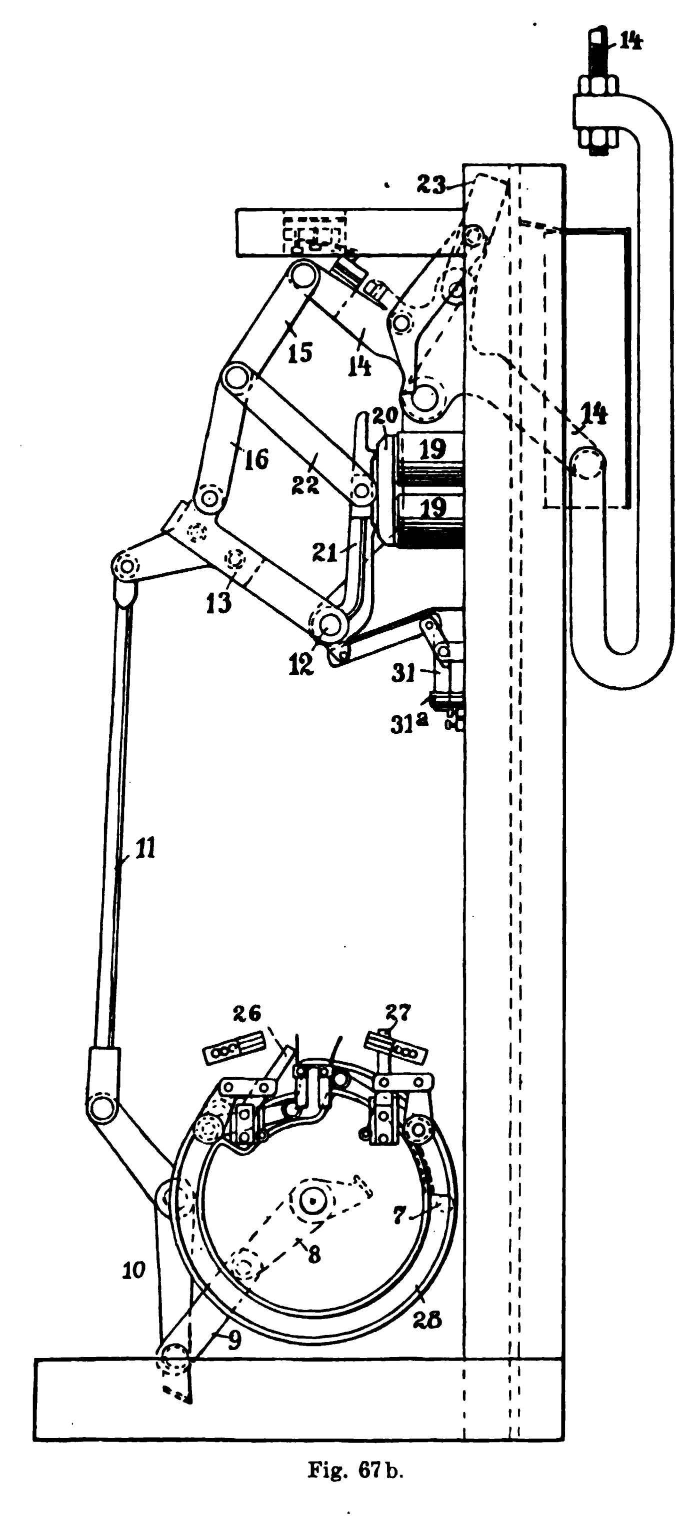


Fig. 67b.

stellung derselben und Fig. 67c bei Haltstellung der Flügel und Fahrtstellung des Antriebes.

Der Antriebhebel *8* macht für die Herstellung eines Fahrtsignales einen Weg von etwa 320° und dreht dabei den Doppelhebel *10* um 90°. Die Hebel *8* und *10* bilden mit der Lasche *9* ein Kurbelviereck, durch welches den Signalflügeln bei der Bewegung aus ihren Endlagen zunächst eine mäßige, dann allmählich zunehmende Geschwindigkeit erteilt wird, wie es im Interesse einer sicheren Mitnahme der Flügel in die Fahrtstellung liegt. Der Antrieb der Steuerschalter *26*, *27* erfolgt, wie bei den Weichenantrieben, durch eine Steuerrolle in dem Schneckenrade. Die Drehung des Schneckenrades wird durch einen festen Anschlag *7* im Gehäuse begrenzt.

Mit dem Ankerhebel *21* der Flügelkupplungen ist je ein Kontakt *31*/*31a* verbunden, welcher bei abgefallenem Anker den Kuppelstrom unterbrochen hält. Sind bei mehrflügligem Signalbild mehrere Kupplungen hintereinander geschaltet, so verhindert dieser Kontakt das Erscheinen des falschen Signalbildes, da beim Zurückbleiben auch nur einer Kupplung den übrigen

Kupplungen der Strom entzogen wird.

Als Stellwerke werden die auf S. 400 beschriebenen verwendet.

c) Stromlieferungsanlage.

Für die Stromlieferungsanlage wird meist die Anordnung nach Fig. 68 gewählt, wenn, wie es sehr häufig der Fall ist, zum Laden der Akkumulatoren Strom von 220 V. Spannung zur Verfügung steht. Die Akkumulatoren werden in 4 Gruppen zu je 45 Zellen zusammengefaßt, welche ihrerseits wieder in je 3 Gruppen zu 15 Zellen unterteilt sind. Von den 4 Hauptgruppen steht stets eine mit nebeneinander geschalteten Untergruppen als Überwachungs- und Kuppelstrombatterie mit einer Spannung also von 30 V. (Batterie IV) betriebsbereit. Vor die Batterie ist eine zweite Hauptgruppe (Batterie III) mit hintereinandergeschalteten Untergruppen von 90 V. Spannung geschaltet. Die beiden hintereinandergeschalteten Hauptgruppen geben die Arbeitströme von 120 V. Spannung her.

Die dritte und vierte Hauptgruppe stehen auf Ladung.

Fig. 67 c.

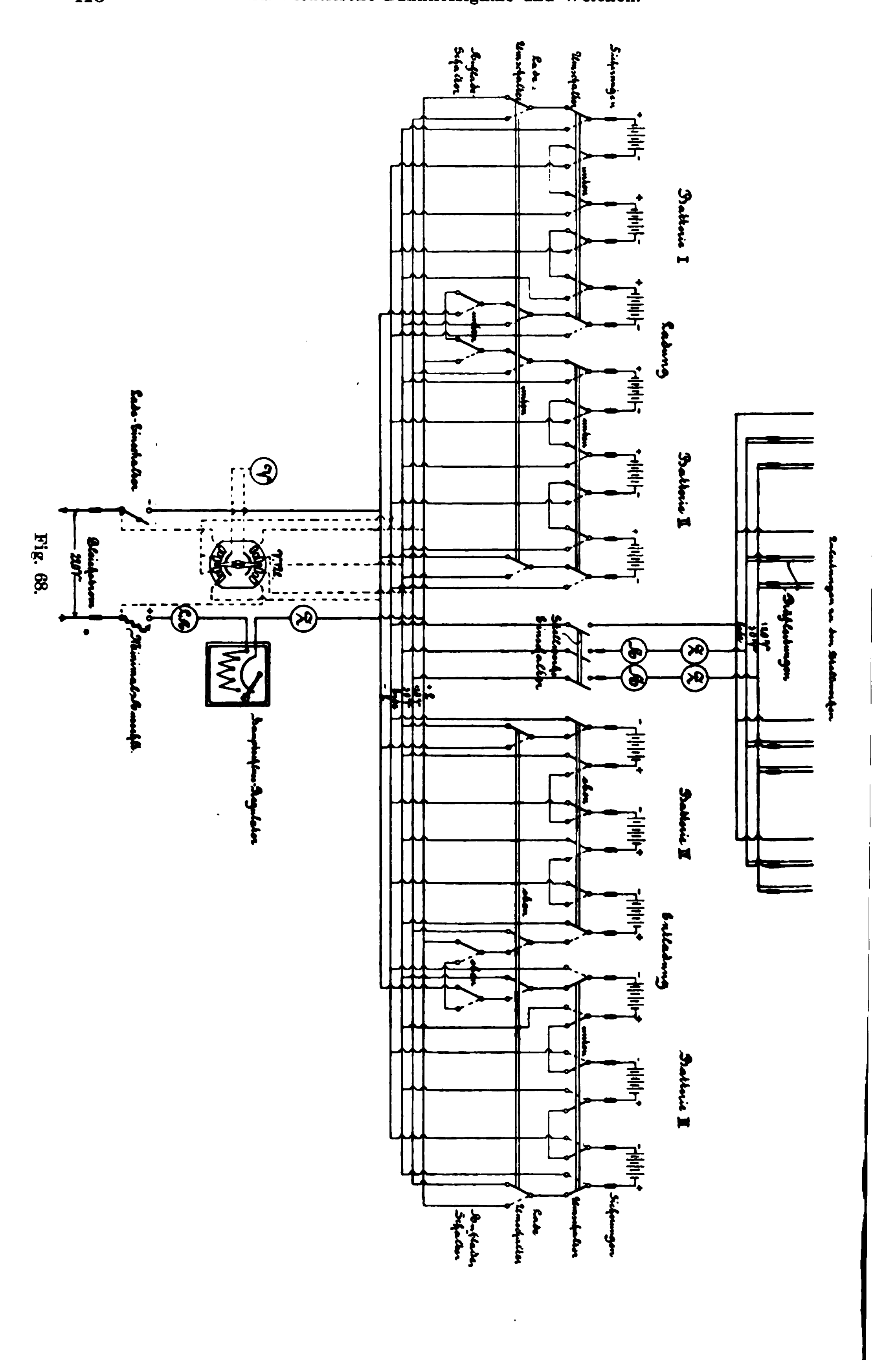

Batterie I
Ladung
Entladung
Sicherungen
Umschalter
unten
oben
Gleichstrom
220 V

Fig. 68.

Die Ladung geht so vor sich, daß zunächst zwei Hauptgruppen (I und II) hintereinander geladen werden. Da zur Aufladung der 90 Zellen etwa 245 V. Spannung gebraucht werden, so werden sie zunächst mit der vorhandenen Spannung von 220 V. nur teilweise geladen, dann voneinander getrennt und jede Gruppe für sich zu Ende geladen.

Zur Herstellung der verschiedenen Gruppenanordnung sind für jede Untergruppe von 15 Zellen zwei doppelpolige Umschalter vorgesehen. Diese Umschalter sind innerhalb einer Hauptgruppe von 45 Zellen durch einen Steg fest miteinander verbunden, so daß die Untergruppen mit einem Griff hinter- oder nebeneinander geschaltet werden können. Für je zwei Hauptgruppen (I, II und III, IV) ist ein vierfacher Ladeumschalter vorhanden, welcher die beiden Gruppen zur Ladung zwischen die Ladeschienen mit 220 V. Spannung ($+L-L$) schaltet. Vier einfache doppelpolige Schalter, die Aufladeschalter, ermöglichen, die Hauptgruppen einzeln zwischen die Ladeschienen zu legen und so die Aufladung derselben zu beendigen. Zur Regelung der einzelnen Ladespannung ist ein Hauptschlußregulator vorgesehen.

Die sämtlichen Spannungen werden an einem Spannungsmesser V abgelesen, welcher sich durch einen Umschalter $V\,U$ zwischen die einzelnen Spannungschienen legen läßt. Von weiteren Instrumenten werden noch ein Lade- und zwei Entladestrommesser ($L\,A$ und A), ein Lade- und zwei Entladestromzähler (Z) und ein Minimalausschalter benutzt.

Die Einschaltung des Ladestroms geschieht durch einen einfachen Ladeschalter, die Anschaltung der Batterien und die Zuleitungen zu den Stellwerken durch einen dreifachen Stellwerksumschalter.

Die Schaltungsanordnung läßt eine sehr gute Ausnutzung der Ladespannung zu, wenn man berücksichtigt, daß eine vollständige Aufladung der einzelnen Hauptgruppen, bei der etwa 100 V. tot gemacht werden müssen, nur alle paar Wochen für kurze Zeit vorgenommen zu werden braucht. Sie läßt aber eine verhältnismäßig nur geringe Spannung der Arbeitstrombatterie zu, was störend ist, wenn entfernter gelegene Stellwerke aus der Batterie gespeist werden sollen. Es werden dann große Querschnitte der Zuleitungen oder Einschaltung von Zusatzbatterien erforderlich. Da ferner ein Zwang für die richtige Einschaltung der Batterien nicht vorgesehen ist, so sind durch falsche Handhabungen an der Schalttafel Störungen im Betriebe der Stellwerke nicht ausgeschlossen.

D. Amerikanische Systeme.

1. Taylor-System.

a) Allgemeines.

Das erste rein elektrische Stellwerksystem, welches in Amerika in nennenswertem Umfang ausgeführt wurde, ist das Taylor-System. Es wurde im Jahre 1900 durch die Taylor Signal Co., welche später in die Union Switch and Signal Co. aufging, eingeführt und hat zurzeit bereits zahlreiche Ausführungen aufzuweisen. Die Hauptunterschiede dieses Systems, wie fast aller übrigen außerdeutschen Systeme, gegenüber den deutschen Systemen

sind: die Nichtaufschneidbarkeit der Weichenantriebe,[1]) der Mangel einer zwangläufigen Haltstellung der Signale[2]) und das Fehlen ständiger Überwachungsströme[3]) und Fahrstraßenhebel.[4])

Das Fehlen der Fahrstraßenhebel bedingt eine Ausführung der Abhängigkeiten der Signale von der Lage der Weichen und dem Zustand der Fahrstraßen, welche von der bei den deutschen Systemen geschilderten gänzlich verschieden ist. Es darf, wie S. 350 dargelegt, ein Signal nicht früher, auf Fahrt gestellt werden, bevor nicht die Weichen seiner Fahrstraße in ihrer richtigen Endlage liegen, und es dürfen andererseits keine Weichen aus ihrer jeweiligen Lage entfernt werden, wenn nicht die zugehörigen Signale sich in ihrer Haltstellung befinden.

Diese Bedingungen werden in der Weise erfüllt, daß die Weichen- und Signalhebel in zwei Abschnitten umgelegt werden und zwar die Weichenhebel in beiden Bewegungsrichtungen, die Signalhebel nur bei der Bewegung aus der Fahrt- in die Haltstellung. In dem ersten Abschnitt werden die Arbeitströme angeschaltet, in dem zweiten die Stellwerkverschlüsse, durch welche die Stellhebel sich gegenseitig verschlossen halten, beseitigt. Zwischen dem ersten und zweiten Bewegungsabschnitt liegt eine elektrisch auslösbare Sperre, welche erst nach Vollendung des Stellwegs des Antriebes aufgehoben wird. Ein Weichenhebel kann also erst in seine eine Endlage umgelegt werden, nachdem die zugehörige Weiche vollständig umgestellt ist, und ein Signalhebel kann aus der Fahrtstellung in die Haltstellung erst vollständig zurückbewegt werden, wenn die zugehörigen Signalflügel auf Halt stehen.

Auf diese Art lassen sich die Abhängigkeiten zwischen den Signalen und Weichen bis zur Zurückstellung des Signals mit vollkommener Sicherheit herstellen. Die weiter notwendige Sicherung, daß nach der Haltstellung des Signals die Weichen noch verschlossen bleiben, bis die Zugfahrt vollendet ist, wie dies durch die Fahrstraßenfestlegung bei den deutschen Systemen geschieht, ist im allgemeinen nicht vorgesehen.

Die zweistufige Bewegung der Hebel bietet den Nachteil, daß die Hebel für jede Umstellung entweder zweimal angefaßt, oder so lange in der Hand behalten werden müssen, bis die Meldung von der erfolgten Umstellung eintrifft, oder daß besondere Einrichtungen getroffen werden müssen, durch welche der zweite Bewegungsabschnitt der Hebel selbsttätig vor sich geht. In den ersten beiden Fällen ist die Bedienung des Stellwerkes eine langsamere als bei einstufiger Bewegung der Stellhebel, in dem letzten Falle wird die Ausbildung der Stellwerke eine konstruktiv recht schwierige.

b) Weichenstellung.

Bei dem Taylor-System sind bei den ersten Ausführungen zur Sperrung der Weichenhebel nach dem ersten Bewegungsabschnitt zwei Sperrklinken vorhanden, welche von je einem Elektromagneten beeinflußt werden. Es

1) Vgl. S. 359.
2) Vgl. S. 344 und 368.
3) Ausnahme hiervon siehe unter D 3 und F 2.
4) Vgl. S. 353.

sind dies die beiden Überwachungsmagnete für die Grundstellung und die umgelegte Stellung der Weiche.

Die Schaltung für die Weichenbewegung ist dabei die in Fig. 69 dargestellte.

Der Stellhebel bewegt zwei Schalter h_1 h_2, welche abwechselnd die eine von zwei nach dem Motor *aw* führenden Leitungen l_1 l_2 an die Stromquelle *b* anschalten. Die Umkehr der Bewegung geschieht durch Umkehr der Stromrichtung durch den Anker *a* des Motors, die Abschaltung des Motors durch Steuerschalter s_1 s_2, welche von den Weichenzungen gesteuert werden.

In der gezeichneten Grundstellung liegt der Motor in dem kurzen Schluß $+ b\, l_3\, w\, s_2\, a\, s_1\, l_1\, h_1\, e_1 + b$. Wird der Stellhebel so weit, als es die durch den Überwachungsmagneten e_2 beeinflußte Hebelsperre zuläßt, d. h. bis zu etwa Dreiviertel seines Stellweges umgelegt, so ändern die Schalter h_1 h_2 ihre Lage. Der kurze Schluß wird bei h_1 unterbrochen, und es entsteht der Stromlauf $- b\, h_1\, l_1\, s_1\, a\, s_2\, w\, l_3 + b$. Der Motor setzt sich in Bewegung. Kurz bevor die Weiche umgestellt ist, schaltet sie die Umschalter s_1 s_2 um. Der Motor wird bei s_1 von der Leitung l_1 abgeschaltet. Es hat sich der Stromlauf $+ b\, l_3\, w\, s_1\, a\, s_2\, l_2\, h_2\, e_2 + b$ gebildet. Der Motor liegt wieder in kurzem Schluß. Er wird dadurch gebremst und arbeitet zugleich als Generator. Die dabei erzeugten Ströme fließen durch den Überwachungsmagneten e_2, zeigen an, daß die Umstellung der Weiche erfolgt ist, und heben die Sperrung des Stellhebels auf, so daß dieser bis in seine Endlage umgelegt werden kann.

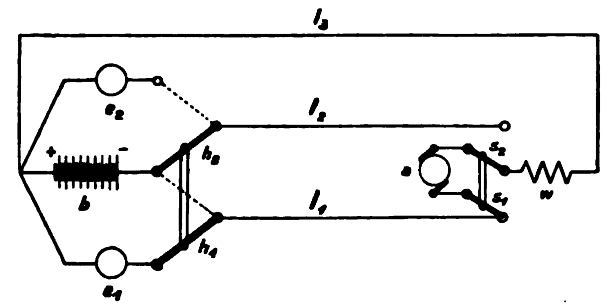


Fig. 69.

Beim Zurücklegen des Hebels in seine Grundstellung spielen sich die gleichen Vorgänge ab. Der Motor erhält über die Leitung l_2 Strom und läuft in der entgegengesetzten Richtung, wie vorher, da der Strom von l_2 über s_2 durch *a* über s_1 nach *w*, also in umgekehrter Richtung wie vorher durch den Anker fließt. Nach erfolgter Umstellung erhält der Elektromagnet e_1 den durch den kurz geschlossenen Motor erzeugten Strom und ermöglicht ein vollständiges Zurücklegen des Hebels in seine Grundstellung.

Diese Schaltungsart, bei der von einer ständigen Überwachung der Weichenlage abgesehen wird, hat den Übelstand, daß der Wärter erst bei einem Versuche, eine Weiche umzustellen, erfährt, ob die Anlage in Ordnung ist und nicht in der Lage ist, rechtzeitig eine nach einer Umstellung erfolgte Störung zu beseitigen. Durch eine Berührung der Leitungen l_1 und l_2 würde dem Motor Strom zugeführt werden. Dieser Strom würde sich verzweigen und vom Minuspol der Batterie zum Teil durch den Motor, zum Teil durch den einen Sperrelektromagneten zum Pluspol der Batterie fließen. Es liegt dann die Gefahr vor, daß der durch den Motor fließende Strom diesen zum Laufen bringt, und so eine gefahrbringende Umstellung der Weiche veranlaßt, oder daß der Sperrmagnet zur Unzeit erregt wird, und den Hebel zu früh zur Weiterbewegung freigibt.

Zur Beseitigung dieses bedenklichen Fehlers sind bei den in Europa gemachten Ausführungen des Taylor-Systems verschiedene Änderungen getroffen. Um zu verhindern, daß der Überwachungsmagnet — es wird bei der geänderten Schaltung nur ein einziger Magnet für beide Weichenlagen benutzt — zur Unzeit den Weichenhebel freigibt, ist ein besonderer **Sicherheitsmagnet** eingefügt, welcher in dem Arbeitstromkreis liegt und den Anker des Überwachungsmagneten in abgefallener Lage so lange festhält, bis der Motor den Rückmeldestrom entsendet. Außerdem ist ein Magnetschalter zwischen den Batteriepolen eingeschaltet, welcher bei auftretenden Leitungsberührungen die Batterie von dem Netz der Stellwerkanlage abschalten soll.

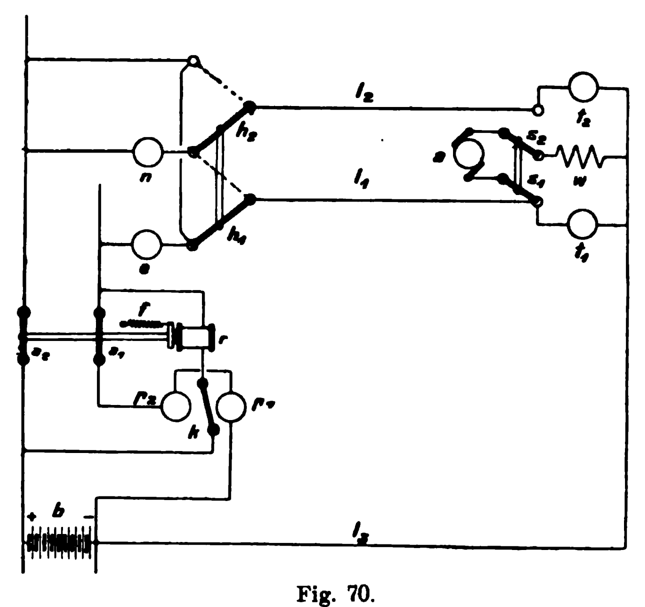


Fig. 70.

Es ergibt sich dann für die **Weichenstellung** die **Schaltung** Fig. 70. Bei ihr können die Weichenmotore noch vor Vollendung einer Umstellung durch Zurücklegen der Stellhebel zurückgestellt werden. Zu diesem Zweck sind an dem Weichenantrieb Umsteuermagnete t_1 t_2 vorhanden, welche nach Entriegelung der Weichenzungen die Umschaltekontakte s_1 s_2 am Motor umsteuern, sobald sie Strom erhalten.

Der Überwachungsmagnet e liegt in der Grundstellung in dem Brems- und Überwachungstromkreis $e\ h_1\ l_1\ s_1\ a\ s_2\ w\ l_3\ e$. Sein Anker ist abgefallen und liegt an den Polen des Sicherheitsmagneten n, welcher auf dem Wege $+\ b\ n\ h_2\ l_2\ t_2\ l_3 - b$ Strom erhält. Dieser Strom fließt nur während des Stellweges. Es sind nämlich zwischen der Leitung l_2 und dem Magneten t_2 bzw. l_1 und t_1 Kontakte eingeschaltet, welche von den Weichenzungen so gesteuert werden, daß sie in den Endlagen offen sind und nur bei einer Bewegung der Zungen geschlossen werden.[1] t_1 und t_2 sind abwechselnd parallel zu dem Motor geschaltet.

Durch Umlegen des Stellhebels wird dem Motor Strom zugeführt. Der Stromlauf ist $+\ b\ n\ h_1\ l_1\ s_1\ a\ s_2\ w\ l_3$.

Kurz nach Beginn des Stellweges fließt ein Teilstrom durch den Magneten t_1, ohne eine besondere Wirkung auszuüben, da die Steuerschalter s_1 s_2 bereits in der dem erregten Zustande des Magneten entsprechenden Lage liegen.

Nach Beendigung der Motorbewegung tritt die Umstellung der Schalter s_1 s_2 durch die Weichenzungen ein. Es entsteht der Brems- und Überwachungstrom $a\ s_1\ w\ l_3\ e\ h_2\ l_2\ s_2\ a$.

1) In der Skizze sind die Kontakte der Übersichtlichkeit wegen fortgelassen.

Soll der Motor vor Beendigung der Umstellung zurückgestellt werden, so werden die Hebelschalter h_1 h_2 in die Anfangstellung zurückgelegt. Da die Steuerschalter s_1 s_2 ihre Stellung noch nicht gewechselt haben, erhält der Magnet t_2 den vollen Strom und schaltet die Kontakte um. Infolgedessen läuft der Motor in seine Anfanglage zurück, wobei die Schalter s_1 s_2 wieder zurückgeschaltet werden.

Der Magnetschalter r zur Unterbrechung der den Strom zu den Stellwerkschaltern führenden Leitungen bewegt zwei Schalter a_1 a_2. Solange r von Strom durchflossen ist, hält er gegen eine Feder f diese Schalter in einer solchen Lage, daß die von der Batterie b nach dem Stellwerk führenden Leitungen geschlossen sind. Wird er stromlos, so öffnet die Feder f die Leitungen. Er erhält Strom über einen von einem polarisierten Magnetschalter p_1 p_2 gesteuerten Kontakt k. Der Magnetschalter ist so geschaltet, daß er von den Überwachungströmen sämtlicher Motoren und bei ordnungsmäßigem Zustand der Anlage nur von diesen durchflossen wird. Der Stromlauf ist dabei zum Beispiel bei dem eingezeichneten Weichenmotor: p_1 p_2 a_1 e l_1 Motor l_3. In der diesem Zustande entsprechenden Lage schließt sein Kontakt k den Stromkreis durch r. Kontakt k bleibt an dem Pol p_1 liegen, die Kontakte a_1 a_2 sind daher geschlossen.

Tritt irgendwo zwischen den Motorleitungen eine kurze Verbindung auf, zum Beispiel zwischen l_1 und l_2, so würde dem Magnetschalter Strom in der umgekehrten Richtung, wie vorbeschrieben, $+ b\ n\ l_2\ l_1\ e\ p_2\ p_1 - b$ zugeführt werden. Dadurch würde er ummagnetisiert werden und den Anker von dem Pol des Magneten p_1 nach dem Magnetpol p_2 ziehen. Der Kontakt k würde geöffnet, der Magnet r stromlos und die Stromquelle in dem Stellwerk abgeschaltet werden.

Die Einführung der geschilderten Verbesserungen macht die Schaltung sehr verwickelt und erhöht die Zahl der zu unterhaltenden Teile um ein Bedeutendes. Diese Schaltungsart erscheint daher sehr wenig empfehlenswert.

Bei besonders gefährdeten Weichen, im allgemeinen bei spitz befahrenen, ist noch eine Einrichtung getroffen, welche die Zuführung von Strom zu dem Motor verhindert, solange ein Fahrzeug einen bestimmten Gleisabschnitt vor und hinter der Weiche besetzt hält. An dieser Stelle sind nämlich die beiden Schienen des Gleises von den Nachbarschienen durch Holzlaschen elektrisch isoliert (vgl. S. 373) und zwischen sie an dem einen Ende des Abschnittes eine kleine Batterie, an dem anderen Ende ein Magnetschalter eingeschaltet. Die Batterie befindet sich unmittelbar am Gleis, der Magnetschalter im Stellwerk. Bei unbesetztem Gleis ist der Strom der Batterie über den Magnetschalter geschlossen. Dieser hält seinen Anker angezogen und dadurch einen Kontakt geschlossen, über welchen die von dem Minuspol der Stromquelle gehende Leitung geführt wird. Steht aber ein Fahrzeug auf dem Gleisabschnitt, so ist die Gleisbatterie über die Achsen dieses Fahrzeuges kurz geschlossen. Der Magnetschalter wird stromlos, läßt seinen Anker von den Polen abfallen und unterbricht die Leitung von der Stromquelle. Beim Umlegen des Stellhebels wird daher dem Motor kein Strom zugeführt.

Fährt ein Fahrzeug während die Weiche umgestellt wird, in den isolierten Gleisabschnitt, so wird bei dieser Schaltung die weitere Umstellung verhindert. Die Weiche kann in halb umgelegter Stellung liegen bleiben und dadurch eine Entgleisung verursachen. [1])

---

[1]) Bei einer ähnlichen Ausführung einer elektrischen Weichenhebelsperre im Siemens-System wird dieser Fehler dadurch vermieden, daß der Magnetschalter

Die Verbindung des Motors mit den Weichenzungen geschieht durch das in Fig. 71 dargestellte Triebwerk. Von dem Motor *M* wird ein doppeltes Zahngetriebe angetrieben. Auf dem Rade *1* desselben ist ein Angriffzapfen *c* befestigt. Dieser läuft bei einer Umdrehung des Zahnrades in einer eigenartig gestalteten Hubkurve der Angriffskurbel *3*, an welcher am Zapfen *a* eine zu den Weichenzungen führende Stange *2* angreift. Die Kurbel dreht sich um einen fest im Gestell gelagerten Zapfen *b*. In der gezeichneten Lage sind die Stange *2* und mit ihr die Weichenzungen in

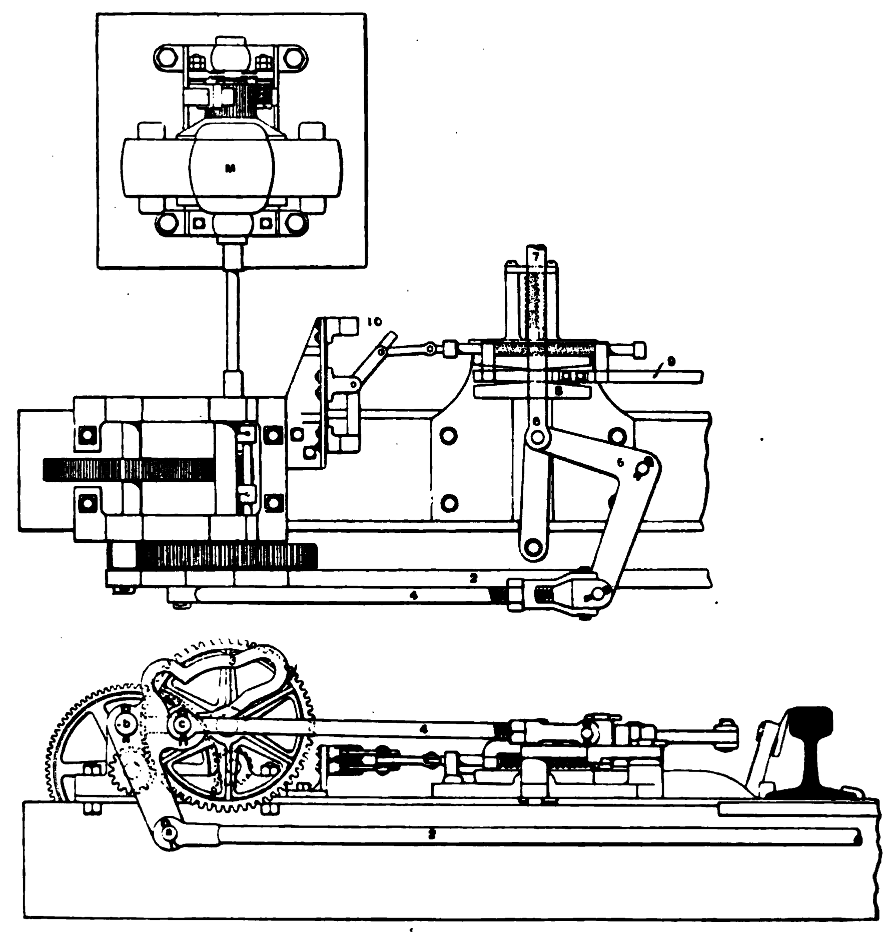


Fig. 71.

ihrer äußersten rechten Lage festgehalten, da der Zapfen *c* eine Bewegung der Kurbel von rechts nach links nicht zuläßt. Die Weiche ist verriegelt. Wird das Rad *1* durch den Motor im Sinne des Uhrzeigers gedreht, so wird die Kurbel entriegelt. Sie bleibt aber zunächst ruhig stehen, da der Zapfen sich bei dem ersten Teil seines Weges frei in der Kurve bewegt. Nach etwas mehr als den vierten Teil seines Weges ist er an die untere Arbeitsfläche der Kurve angelangt und bewegt die Kurbel um einen der Zungen-

außer in dem Stromkreis der Gleisbatterie auch in demjenigen der Arbeitsbatterie eingeschaltet ist. Der Magnetschalter kann daher, solange der Arbeitstrom fließt, die Leitung zwischen Batterie und Motor nicht abschalten.

bewegung der Weiche entsprechenden Winkel (Stellweg). Die Kurve steht dann symmetrisch zu der gezeichneten Lage mit der Horizontalen durch ihren Drehpunkt als Symmetrieachse. Der Zapfen vollendet alsdann, ohne die Kurbel weiter zu bewegen, seinen Weg, bis er wieder in seine Anfangstellung zurückgelangt ist. Im letzten Teil des Weges verriegelt er dabei die Angriffkurbel. Damit nicht bei zu spät eintretendem Stillstand des Motors ein Verklemmen oder Zerstören der Antriebteile eintritt, ist in die Motorwelle eine Klemmkupplung eingeschaltet, welche von dem Antrieb nach vollendetem Stellweg selbsttätig ausgerückt wird und den Motor frei auslaufen läßt.

Die Weichenzungen sind in ihren Endlagen noch besonders verriegelt. Eine mit ihnen fest verbundene Stange *9* wird nämlich in diesen Lagen durch einen Riegel festgehalten, welcher in einem Führungsstück *8* auf der Grundplatte des Antriebes geführt wird. Der Riegel wird unter Vermittlung eines Lenkers von einem Winkelhebel *5* bewegt. In dem ersten Teil des Weges des Zapfens *c* wird der Winkelhebel durch eine an *c* angreifende Stange *4* in umgekehrten Drehsinn der Uhrzeigerbewegung gedreht, um in dem zweiten Teil wieder in seine Anfanglage zurückbewegt zu werden. Hierbei wird zuerst der Riegel aus der Stange *9* entfernt und zum Schlusse wieder in sie eingeführt.

Mit Hilfe dieses Riegels wird auch die Umsteuerung des Motors bewirkt, die Steuerkontakte *10* (s_1 s_2 der Fig. 70) sind als Springkontakte ausgebildet. Die Kontaktmesser werden durch eine Spiralfeder zwischen die Kontaktfedern kurz vor Beendigung der Bewegung des Zapfens *c* gebracht. Die Steuerung des Kontaktes geschieht in folgender Weise. Während der Entriegelung der Weiche durch Entfernung des Sperriegels aus der Zungenstange *9* gibt der Sperriegel einen federnden Sperrkegel frei, welcher sich infolgedessen in die an den Kontakt angreifende Stange legt und diese festhält. Bei ihrer Bewegung spannt die Zungenstange *9* die auf der Kontaktstange sitzende Spiralfeder. Nach beendetem Stellweg und bei eintretender erneuter Verriegelung der Zungenstange durch den Sperriegel wird der Sperrkegel der Kontaktstange durch diesen wieder aus der Sperrstellung entfernt, und dadurch die Kontaktstange freigegeben, so daß die vorgespannte Feder die Kontakte umschalten kann.

Der Weichenmotor ist ein gewöhnlicher zweipoliger Hauptstrommotor. Er hat zum Schutz gegen Witterungseinflüsse und äußere Beschädigungen ein vollständig geschlossenes Gehäuse. Er leistet bis zu 1 PS. Für eine Weichenumstellung verbraucht er etwa 7 Ampere bei 60 Volt und macht dabei im Mittel 700 Umdrehungen in der Minute. Die Umstelldauer einer Weiche beträgt $1^1/_2$ bis 2 Sek.

c) Signalstellung.

Die Signalstellung erfolgt in der auf S. 343 für das LATTIG-Signal beschriebenen Weise. Ein Motor windet eine zu dem Signalflügel führende Kette auf ein Kettenrad auf und stellt so die Fahrtstellung des Signals her, wie die Fig. 72 es in einfachen Linien zeigt. Der Flügel wird in dieser Stellung durch einen Magneten, der gleichzeitig als Bremsmagnet dient, festgehalten. Zur Einschaltung des Motors für diese Bewegung wird der Signalhebel vollständig von der Halt- in die Fahrtstellung umgelegt. Um das

Signal wieder zurückzustellen, wird der Hebel wieder zurückbewegt. Er kann aber seinen Hub nur teilweise vollenden und stößt dann an eine Sperre. In diesem Teil der Bewegung wird der Motor von der Stromquelle abgeschaltet. Der Flügel fällt auf Halt, wickelt die aufgewundene Kette wieder ab und erzeugt durch Zurückdrehen des Motorankers den Brems- und Signalrückmeldestrom. Dieser durchfließt einen Elektromagneten am Signalhebel, welcher infolgedessen die Zwischensperrung des Hebels aufhebt. Der Signal-

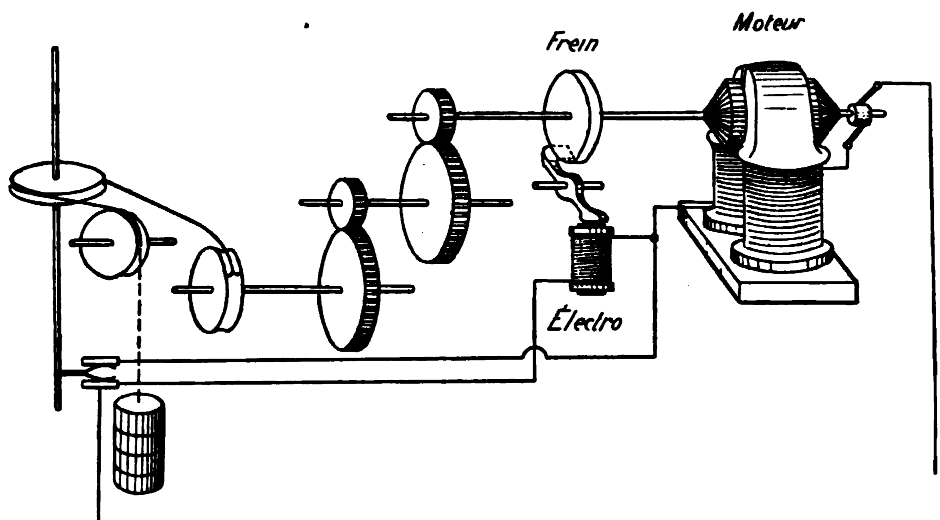


Fig. 72.

hebel kann nunmehr vollständig zurückgelegt werden und gibt dabei die bis dahin festgehaltenen Weichenhebel frei.

Die Schaltung zeigt Fig. 73. In der Grundstellung ist der Rückmeldestromkreis geschlossen. Für die Fahrtstellung des Flügels wird der Arbeitsstrom $+ b\, h\, r\, l_1\, s\, m\, l_2 - b$ hergestellt. Nach Erreichen der Fahrtstellung wird der Flügelkontakt s geöffnet und der Bremsmagnet f erregt.

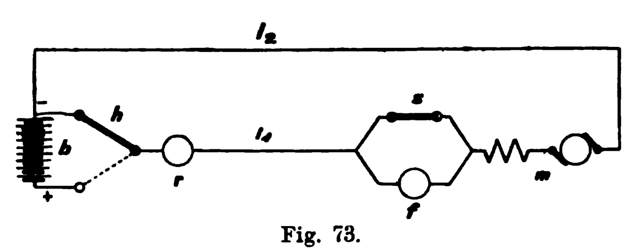


Fig. 73.

Der Signalmotor kann etwa $^1/_6$ PS leisten. Zur Fahrtstellung eines Signalflügels verbraucht er rund 2 Ampere bei 60 Volt. Zum Festhalten des Flügels in der Fahrtstellung wird etwa 1 Ampere verbraucht.

Ist das Signal mehrflüglig, so ist bei der einen Ausführungsform für jeden Flügel eine elektrische Flügelkupplung an dem Signalmaste vorhanden, mittels welcher der gewünschte Flügel ausgewählt und an den Antrieb angekuppelt wird.[1]) Es geschieht dies in der Weise, daß der Elektro-

1) Bei den außerdeutschen Systemen wird jede Fahrstraße nur durch einen Signalflügel gekennzeichnet, im Gegensatz zu den deutschen Systemen, wo es Fahrten mit mehrflügligen Signalbildern gibt. S. Fußnote S. 372.

magnet der Kupplung durch Anziehen seines Ankers einen Haken in die zu dem betreffenden Flügel führende Angriffstange einlegt.

Für jeden Signalflügel ist im Stellwerk ein besonderer Stellhebel angeordnet, welcher beim Umlegen auf einer besonderen Leitung dem gemeinsamen Motor Strom zuführt. In diese Leitung ist der zugehörige Kuppelmagnet eingeschaltet. Die Leitung wird noch über Kontakte an den spitz befahrenen Weichen der Fahrstraße geführt, um deren richtige Lage noch besonders zu überprüfen. Bei Fahrten mit vielen spitzbefahrenen Weichen macht diese Art der Abhängigkeit zwischen Signalen und Weichen eine verwickelte Führung der Signalleitungen erforderlich.

Ist ein Vorsignal zu dem Hauptsignal vorhanden, so befindet sich auch für dieses im Stellwerk ein Stellhebel. Der Antrieb ist derselbe wie für das Hauptsignal. Die Rückleitung des Motors ist dabei über den Steuerkontakt des Hauptsignalmotors so geführt, daß sie erst geschlossen wird, wenn der Bremsstrom für den letzteren eingeschaltet ist; also erst, nachdem das Hauptsignal auf Fahrt gestellt ist, kann das Vorsignal in dieselbe Stellung folgen.

In Fig. 74 ist die Schaltung für ein zweiflügliges Hauptsignal mit Vorsignal dargestellt. Es sind h_1 h_2 die von den Stellhebeln der beiden Hauptsignalflügel, h_3 der von dem Stellhebel des Vorsignales bewegte Hebelschalter, r_1 r_2 r_3 sind die betreffenden Sperrmagnete an den Hebeln, l_1 l_2 die Leitungen zu dem Hauptsignalmotor m, l_3 diejenige zu dem Vorsignalmotor m_3, f der Bremsmagnet des Hauptsignals, f_3 der Bremsmagnet des Vorsignals, s s_3 die Steuerschalter an den Signalantrieben in der gemeinsamen Rückleitung l_3, k_1 k_2 die Signalkuppelmagnete am Hauptsignal, w_1 w_2 Kontakte an den Zungen einer Weiche, welche für das eine Signalbild in der Grundstellung, für das andere in der umgelegten Stellung liegen muß, b die Stromquelle.

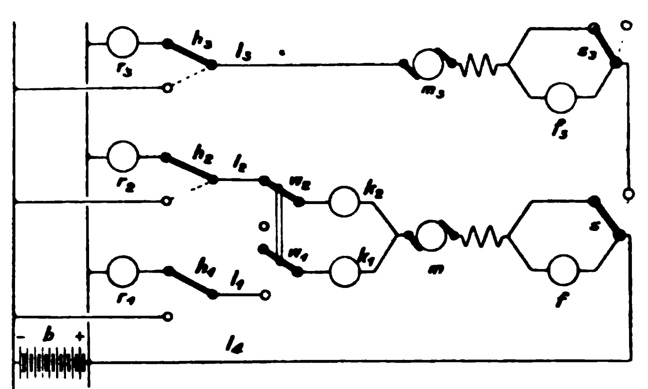


Fig. 74.

Soll zum Beispiel der zweite Flügel des Hauptsignals gezogen werden, so wird durch seinen Stellhebel der Schalter h_2 umgelegt. Es entsteht der Stromlauf $- b\ h_2\ l_2\ w_2\ k_2\ m\ s\ l_4 + b$. Der Motor stellt den Signalflügel, der durch k_2 an das Signalgestänge angekuppelt ist, auf Fahrt. Schalter s wird durch die Signalstange umgelegt. Infolgedessen fließt der Strom nunmehr von m über den Bremsmagneten f nach l_4. Der Signalflügel wird in der Fahrtstellung gehalten. Infolge des Umlegens des Schalters s ist der Vorsignalmotor an l_4 angeschaltet. Das Vorsignal geht, wenn auch h_3 umgelegt ist, auf Fahrt. Sollen die Signale auf Halt gestellt werden, so wird zunächst h_3 um den ersten Teil seines Weges zurückgelegt und dadurch die Leitung l_3 von dem — Pol der Stromquelle abgeschaltet. Der Vorsignalflügel fällt auf Halt, treibt seinen Motor an und erzeugt dadurch den Anzeigestrom

$r_3\ h_3\ l_3\ m_3\ s_3\ s\ l_4$. Sperrmagnet r_3 ist erregt. Der Hebel h_3 kann in seine Grundstellung gebracht werden. Nunmehr kann der Schalter h_2, dessen Hebel bis dahin durch den Hebel h_3 festgehalten war, zurückgelegt werden. Der Signalflügel fällt auf Halt. Der dadurch erzeugte Strom $r_2\ h_2\ l_2\ w_2\ k_2\ m\ s\ l_4$ magnetisiert r_2 und läßt die vollständige Rückstellung des Signalhebels zu.

Bei einer späteren Ausführungsform wird für zweiflüglige Signale von einer Auswahl der Flügel durch Flügelkupplungen abgesehen und für die Erzeugung des einen Signalbildes der Motor in der einen Richtung, für das andere in der entgegengesetzten gedreht. Die Wahl der Drehrichtung geschieht durch Weichenzungenkontakte, durch welche die Richtung des durch den Anker fließenden Stromes bestimmt wird (Fig. 75). Sie sind der Figur mit $w_1\ w_2$ bezeichnet. Liegt die Weiche in ihrer einen Endlage, so fließt der Arbeitstrom von der Schenkelwicklung über den Kontakt w_1 durch den Anker a zu dem Kontakt w_2; liegt sie in ihrer anderen Endlage, so fließt der Strom in umgekehrter Richtung von w_2 durch a nach w_1.

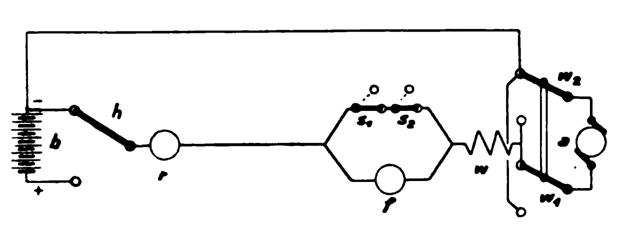
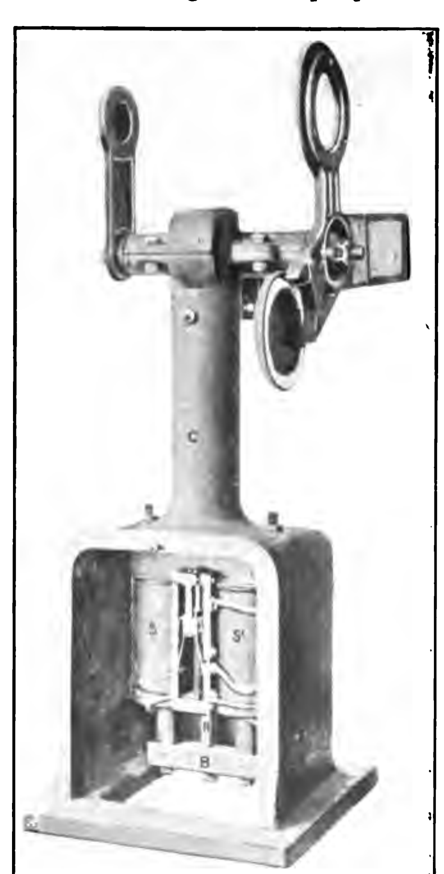


Fig. 75.


Fig. 76.

Für niedrige Grundsignale (vgl. S. 411) wird ein elektromagnetischer Antrieb (Fig. 76) benutzt. Er besteht aus: 2 Solenoiden $S\ S'$, deren bewegliche Kerne durch ein eisernes Querstück B miteinander verbunden sind. In der Mitte dieses Querstückes greift die zu dem kurzen Signalflügel führende Antriebstange R an. Sobald die Solenoide Strom erhalten, schlucken sie ihre Kerne ein und heben die Signalstange. Werden sie stromlos, so wird der Flügel durch eine Feder, welche in dem hohlen Signalmast C untergebracht ist, wieder in die Haltstellung zurückgeführt.

Die Solenoide besitzen zwei Wicklungen, die eine mit niedrigem, die andere mit hohem Widerstand. Zum Anziehen wird der Strom zunächst nur durch die erstere geschickt. Er hat dann eine Stärke von 6 Ampere bei 60 V. Kurz vor Erreichen der Fahrtstellung des Signales wird ein von der Signalstange gesteuerter Umschalter umgelegt, welche den hohen Widerstand hinter den niedrigen schaltet, so

daß der Strom alsdann nur $^1/_4$ Ampere beträgt, was ausreicht, um das Signal in der Fahrtstellung zu halten.

Die Schaltung ist aus Fig. 77 ersichtlich. Durch den Stellhebel werden die beiden Kontakte h_1 und h_2 bewegt. Der letztere schließt nur vorübergehend den Sperr- und Anzeigeelektromagneten r bald an den + Pol der Stromquelle, bald an die eine zum Signal führende Leitung l_2. Diese wird durch einen Steuerkontakt s_2 nur in der Haltstellung des Signales geschlossen. Durch den Stromkreis $-b\ r\ h_2\ l_2\ s_2\ l_3 + b$ wird also vorübergehend die Übereinstimmung der Hebellage mit der Flügelstellung geprüft und dann durch Weiterbewegung des Stellhebels der Stromkreis wieder unterbrochen. Der vorübergehende kurze Schluß $-b\ r\ h_2 + b$ ist erforderlich, um den Stellhebel vollständig umlegen zu können, da aus Konstruktionsrücksichten die Sperre des Hebel nach $^3/_4$ des Stellweges auch bei einer Bewegung in die Fahrtstellung eintritt. w ist die eine Solenoidwicklung mit geringen, v die andere mit großen Widerstand, s_1 ein Signalflügelkontakt.

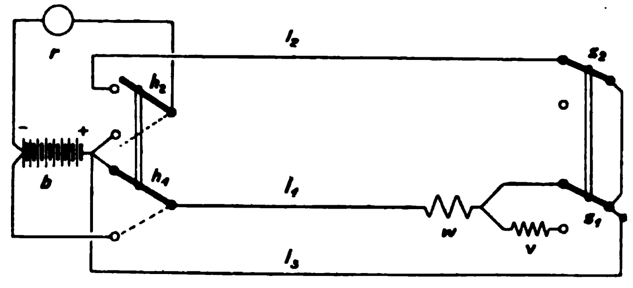


Fig. 77.

Der bei der Umlegung des Stellhebels auftretende Stromlauf zum Stellen des Signales ist $-b\ h_1\ l_1\ w\ s_1\ l_3 + b$. Nach Umschaltung des Signalkontaktes s_1, kurz bevor die Fahrtstellung des Signales erreicht ist, fließt der Strom von w über $v\ s_1$ nach l_3.

d) Fahrstraßenschaltung.

In Fig. 78 sind im Zusammenhang Ausführungen der Schaltungen (Fig. 70, 73, 74) für zwei Weichen (*10* und *14*) und ein Signal *9/13* für zwei Fahrstraßen abgebildet. Der obere Flügel *9* des Signales signalisiert die Fahrten auf geradem, der untere *13* auf abzweigendem Gleis. Das Signal hat ein einflügliges Vorsignal, welches nicht mit dargestellt ist. Die Weiche *10* führt in die Abzweigung, die Weiche *14* ist eine sogenannte Entgleisungsweiche, welche zum Schutze der Fahrten auf einem das dargestellte Gleis in Schienenhöhe kreuzenden Gleis eingebaut ist und bei diesen Fahrten so eingestellt wird, daß ein gegen die Kreuzung fahrender Zug von dem Hauptgleis abgelenkt und zur Entgleisung gebracht wird, damit er einem das andere Gleis befahrenden Zug nicht in die Flanke fährt.

m n sind die von den Signalstellhebeln zu dem Signalantrieb führenden Leitungen, in welche die Kuppelmagnete *c* und *d* eingeschaltet sind. Sie sind zur Prüfung der Lage der Weiche *10* über den Zungenkontakt *39* derselben geführt. *a* ist der Signalmotor, *e* der Steuerschalter, *i* der Brems- und Festhaltemagnet des Signals. Zu dem Weichenmotor der Weiche *10* führen die Leitungen *x y z*, zu demjenigen der Weiche *14* die Leitungen *o*, *q* und *42*. *p* ist die zum Vorsignal führende Leitung. *g*, *f* ist ein Überwachungskontakt der Entgleisungsweiche, welche den Strom durch den Festhaltemagneten *i* des Signals unterbrochen hält und so das Ziehen des Signals verhindert,

wenn die Weiche auf Entgleisung gestellt ist. r_1 bis r_4 im Stellwerk sind Magnetschalter, welche im Zusammenarbeiten mit der Gleisbatterie j zwischen

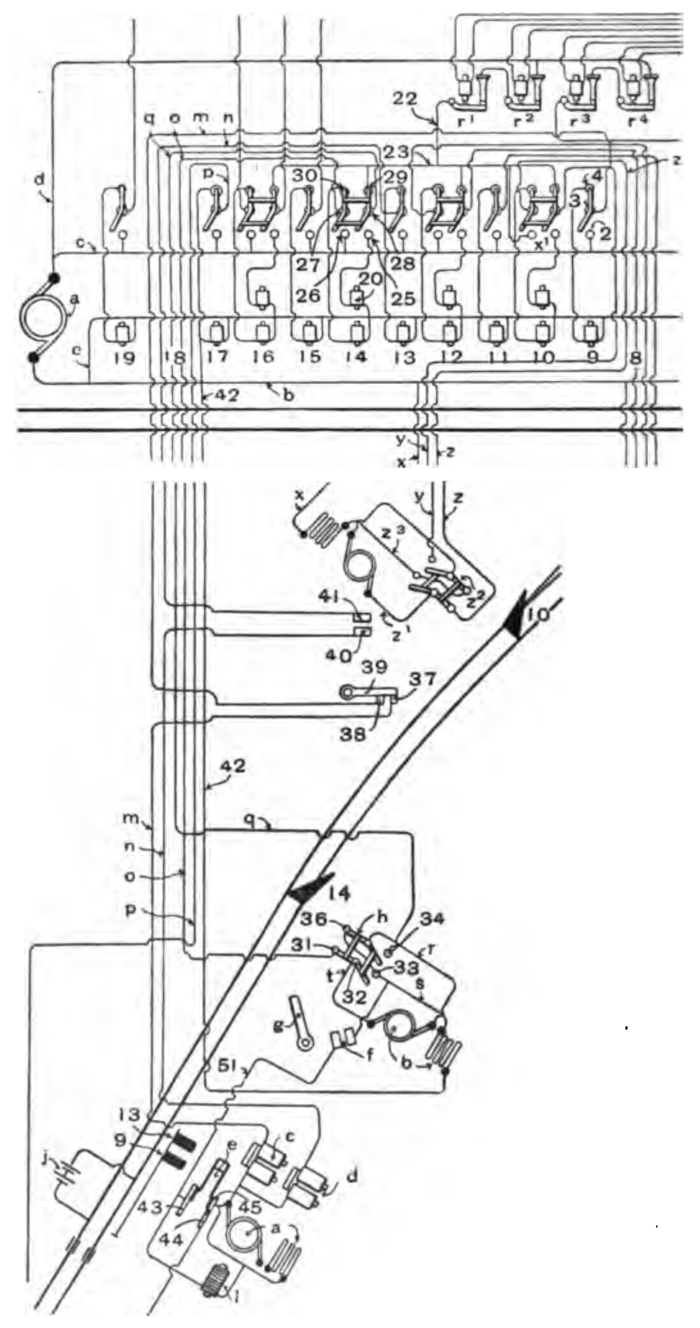


Fig. 78.

den Fahrschienen bei besetztem Gleis die Stromquelle von den Stellhebeln abschaltet. *9, 10* usw. sind die Überwachungsmagnete im Stellwerk.

e) Stellwerkschalter.

Die **Stellhebel** sind wagerecht verschiebbare Schieber. Sie tragen Handgriffe, welche abwechselnd nach oben und unten gerichtet sind (Fig. 79), um sie möglichst nahe aneinander anzubringen und sie trotzdem noch gut anfassen zu können. Ihr Abstand voneinander beträgt rund 52 mm. Mit den Hebeln sind senkrecht geführte Verschlußstangen verbunden, welche mit wagerecht verschiebbar angeordneten Verschlußbalken die **Stellwerkverschlüsse** zwischen den Hebeln herstellen.

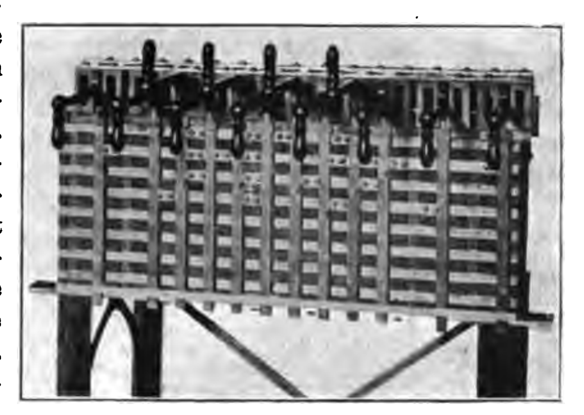


Fig. 79.

Die Ausbildung eines **Weichenstellhebels** mit zwei Überwachungsmagneten ist aus Fig. 80 ersichtlich.

L ist der Stellschieber, *d d'* sind die Sperrklinken zum Festhalten des Hebels nach dem ersten Bewegungsabschnitt, *M M* und M_1 M_1 die Überwachungsmagnete, welche einen gemeinsamen Anker *f* haben.

In einen Schlitz *s* in dem Stellschieber greift die Verschlußstange *t*, welche in den Kasten mit den Stellwerkverschlüssen führt, mit einem

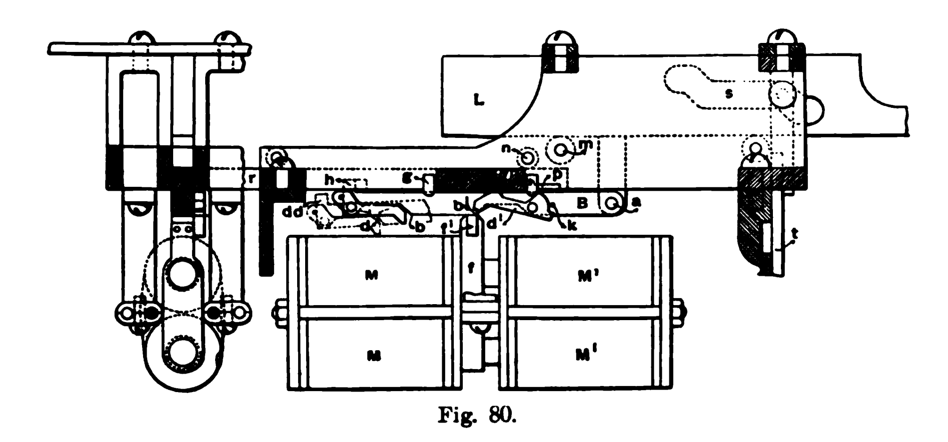


Fig. 80.

Röllchen ein. Sie wird dadurch bei einer Verschiebung des Stellschiebers nach aufwärts oder abwärts bewegt. Ist durch die Lage der die Verschlußstange kreuzenden Verschlußbalken diese Bewegung ausgeschlossen, so ist der Stellhebel verschlossen.

An dem Stellschieber ist ein Balken *B*, welcher um einen Zapfen *a* schwingt, angelenkt, so daß er an der Bewegung des Stellschiebers stets teilnimmt. Er greift mit einem Ansatz *h* in einen Ausschnitt einer Stange *r* ein, welche die Hebelschalter steuert. Diese Steuerstange ist in ihrer Bewegung durch einen festen Anschlag *p* in dem Stellwerkgestell begrenzt. *g* und *g'* sind feste Anschläge am Gestell.

In der gezeichneten Lage ist der Stellhebel etwa um $^3/_4$ seines Weges von rechts nach links bewegt, bis die Sperrklinke *d'* sich gegen den Anschlag *g'* gelegt hat, und eine weitere Bewegung verhindert. Der Hebelschalter ist umgelegt und führt dem Motor Strom zu. Sobald der Motor seine Endstellung erreicht hat, schickt er durch M_1 M_1 den Anzeigestrom. M_1 M_1 zieht den Anker *f* an. Dadurch verliert der Balken *B* die Unterstützung an dem Knaggen *f'* des Ankers *f* und dreht sich um *a* nach abwärts. Infolgedessen kommt die Klinke *d'* aus dem Bereich des Anschlages *g'*; der Hebel kann also weiter bis zu seiner Endlage (siehe punktierte Lage) bewegt werden.

Durch die Drehung des Balkens *B* nach abwärts ist aber auch der Ansatz *h* aus dem Ausschnitt in der Steuerstange *r* getreten, so daß die letztere an dem letzten Teil des Stellhebelweges nicht mehr teilnimmt. In diesem

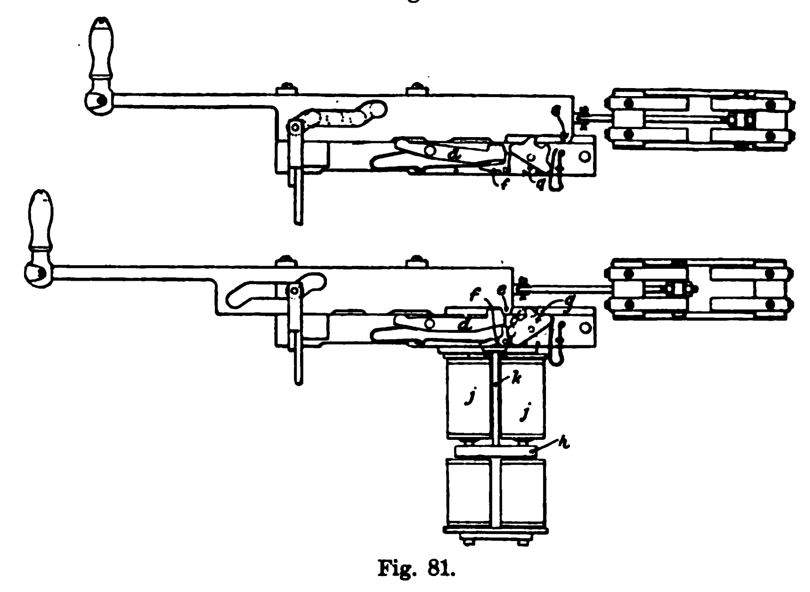


Fig. 81.

letzten Teil des Weges ist die Verschlußstange *t* in ihre Endlage bewegt und gibt dadurch die Stellhebel der zu der Weiche gehörigen Signale frei.

Beim Zurücklegen des Stellhebels geht zuerst der Hebel allein, ohne die Steuerstange mitzunehmen, bis der Balken *B* gegen den Knaggen *f'* des in seiner anderen Endlage stehenden Ankers *f* stößt. Der Balken wird dadurch angehoben und kuppelt sich mit der Stange wie vorher. Der Hebelschalter wird wieder zurückgestellt und der Stellhebel soweit bewegt, bis die Klinke *d* gegen den Anschlag *g* stößt und eine Weiterbewegung hindert. Diese wird erst ermöglicht, wenn der Elektromagnet *M M* den Anker wieder in die gezeichnete Stellung zurückführt. Alsdann tritt wieder die Entkupplung des Balkens *B* von der Steuerstange *r* ein.

Die beschriebene Konstruktion des Weichenstellhebels ist eine sehr wenig glückliche. Die Lösung der verhältnismäßig einfachen Aufgabe ist recht umständlich.

Bei Verwendung nur eines einzigen Überwachungsmagneten sind die Sperren nach Fig. 81 ausgebildet.

Während der Stellhebel aus der in dem oberen Teil der Figur gezeichneten Ruhestellung bis zur Kontaktgebung zur Entsendung des Stromes

nach dem Motor vorgezogen wird, bewegt ein Ansatz an seiner unteren Fläche die Sperrklinke *d* gegen eine Feder mit ihrem längeren zur Sperrung des Hebels dienenden Hebelarm nach oben. Ein zweiter Ansatz *e* dreht gleichzeitig das Stück *g* so um seinen Drehpunkt, daß dieses das Stützhebelchen *f* unter die Klinke *d* schiebt. Klinke *d* bleibt also mit seinem Sperrglied gehoben und hindert ein vollständiges Vorschieben des Stellhebels, da sie sich in den Weg des Ansatzes *e* legt (s. unteren Teil der Figur). Sobald der Überwachungstrom durch den Sperrmagneten *jj* fließt, zieht dieser seinen Anker *h* an und drückt mit der Stange *k* gegen das Hebelchen *f*, so daß dieses die Klinke *d* freigibt. Sie fällt herab und der Stellhebel kann weiter bewegt werden. Beim Zurückstellen des Hebels sind die Vorgänge die gleichen.

Der unterhalb *jj* angeordnete Magnet ist der Sicherheitsmagnet (vgl. S. 422), der den Anker *h* so lange festhält als der Arbeitstrom fließt.

Der Strom für den Betrieb der Taylor-Stellwerke wird Akkumulatoren entnommen. Der Stromverbrauch ist, da ein ständiger Überwachungstrom nicht angewendet wird, gering.

2. Union-System.

In neuester Zeit (1906) ist die Union Switch and Signal Co. mit einem neuen elektrischen Stellwerksystem hervorgetreten, welches bezüglich der Ausführung der Antriebe und Stellwerke als ein typisches Beispiel für die Konstruktionsweise der Amerikaner angesehen werden kann.

a) Weichenantrieb.

Der Weichenantrieb (Fig. 82) besteht aus einem Elektromotor *e*, dem Bewegungs- und Verriegelungsmechanismus für die Weichenzungen und einem zwischen diesen beiden Teilen eingeschalteten Übersetzungsgetriebe *f*, welche die notwendige Ermäßigung der Umdrehungszahl zwischen der Motor- und Antriebmechanismuswelle bewirkt. Die Teile sind durch einfache leicht lösbare Kupplungen miteinander verbunden. Der Motor ist ringsum geschlossen. Seine Ankerachse trägt an ihrem einen Ende eine elektromagnetische Scheibenkupplung. Die eine Scheibe dieser Kupplung sitzt fest auf der Motorachse und trägt in einer konzentrischen Rinne eine mit dem Motoranker hintereinander geschaltete Wicklung. Die zweite Scheibe ist mit der Achse des Übersetzungsgetriebes durch ein Universalgelenk verbunden.

In der Nähe der Kupplung sind auf der Grundplatte, auf welcher alle Teile des Antriebes aufgebaut sind, zwei Umschalter *q* angeordnet, durch welche von dem Bewegungsmechanismus aus die An- und Abschaltung des Motors und des Überwachungstromes für das Anzeigen der Endlagen des Antriebes bewirkt wird.

Zur Bewegung und Verriegelung der Weichenzungen dienen die beiden Hebel jj^2 und nn^2, welche durch zwei auf einer Gußeisenwalze aufgegossene Kurvenführungen *kk* gesteuert werden. Die Walze wird durch den Motor in Umdrehung gesetzt. Die Hebel greifen mit Röllchen *o r* in die Führungen ein. An dem Hebel nn^2 greift eine Stange *b* an, welche mit ihrem vorderen Ende an der Verbindungsstange *a* der Weichenzunge befestigt ist. Bei einer Drehung der Walze wird der Hebel gedreht und es werden die Weichen-

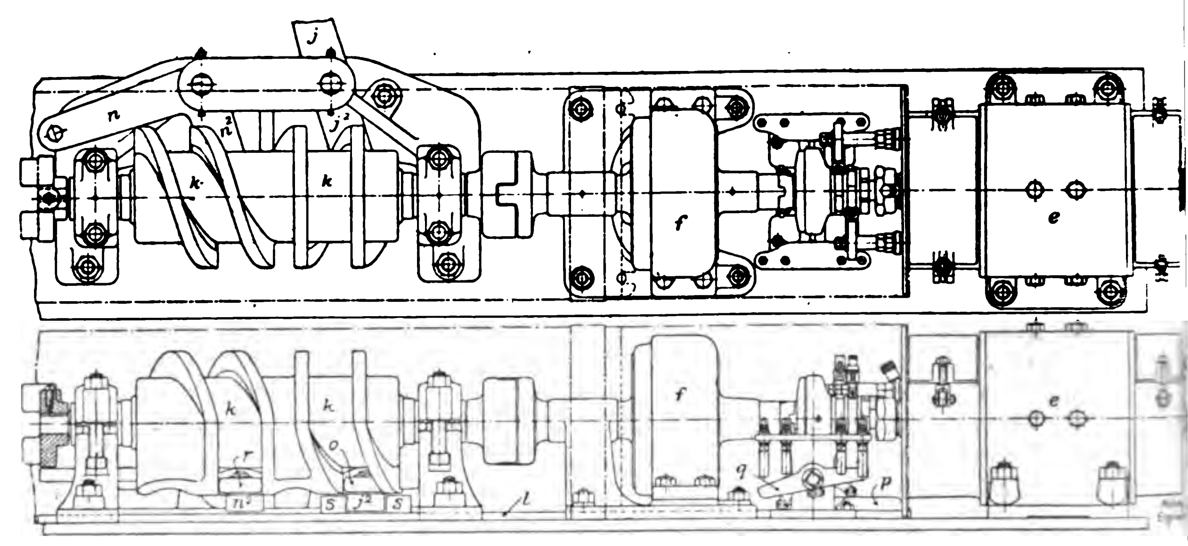


Fig. 82 a.

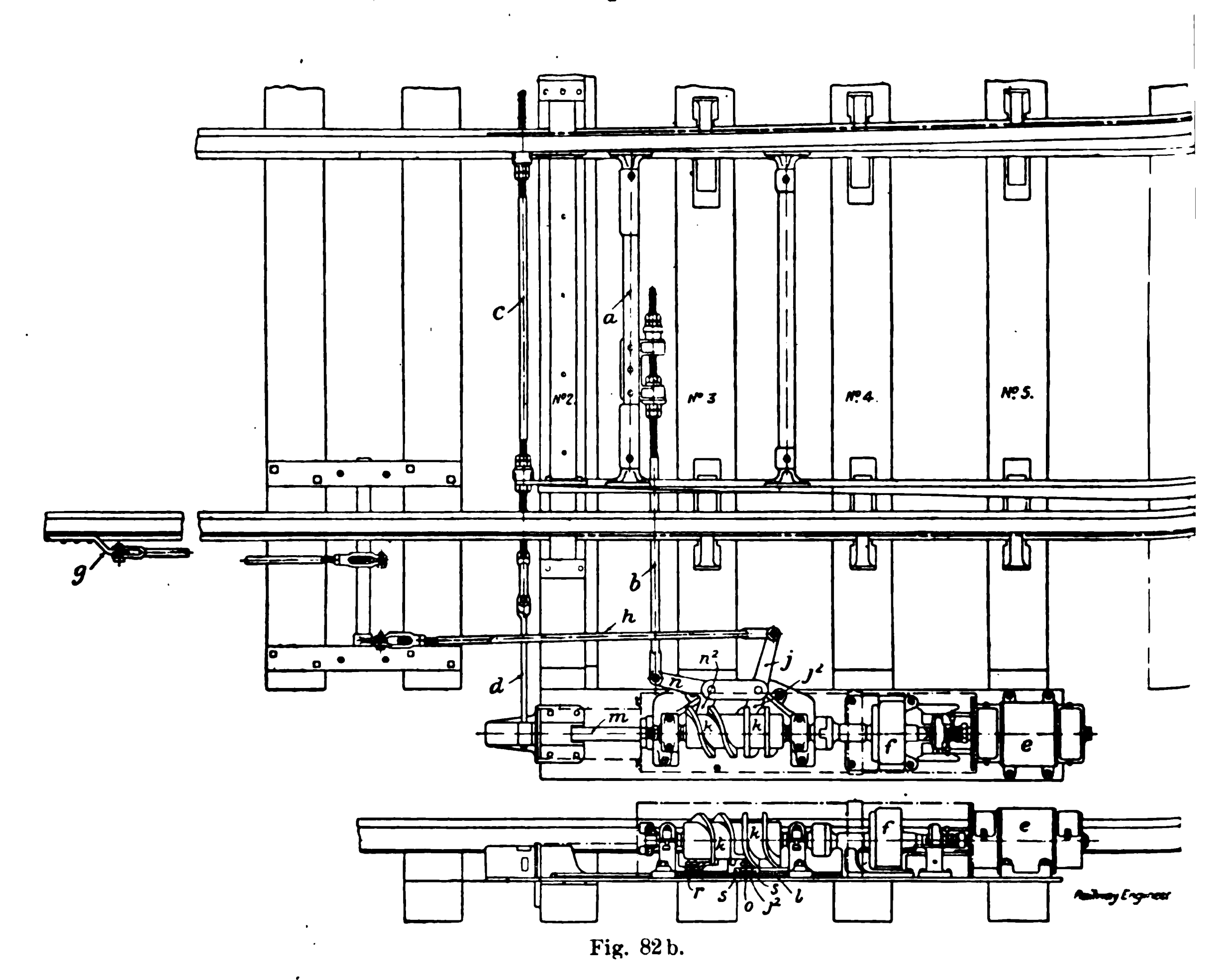


Fig. 82 b.

zungen verstellt. An dem einen Ende des Hebels jj^2 greift eine Stange *h* an, welche an eine Hubschiene *g* angeschlossen ist. Bei einer Bewegung des Hebels jj^2 wird diese Hubschiene nach aufwärts bewegt. Sie kann dies nur, wenn kein Rad eines Fahrzeuges auf ihr steht — und verhindert so in üblicher Weise, daß die Weiche unter einem Fahrzeug umgestellt wird. Das andere Ende des Hebels jj^2 liegt zwischen zwei Knaggen *ss* auf einer gut geführten längsverschieblichen Stange *l*. Diese Stange verriegelt die Weiche in ihren Endlagen, indem sie einen mit ihr verbundenen Riegel *m* in Einschnitte in einer Stange *d* einschiebt und damit diese festhält. Die Stange *d* ist fest mit den Weichenzungen verbunden. Die Stange *l* bewirkt ferner, bei einer Bewegung die Umschaltung der Steuerschalter *q*, indem auf ihr aufgesetzte Steuerknaggen *p* gegen Ende des Hubes in der einen oder anderen Richtung den Schalterhebel umlegen.

Die Kurvenführungen *kk* auf der Steuerwalze sind so ausgebildet, daß beim Anfang der Drehbewegung der Walze nur der Hebel jj^2 gedreht wird, der Hebel nn^2 aber ruhig liegen bleibt. Durch die Bewegung von jj^2 wird die Hubschiene *g* gehoben und der Riegel *m* aus der Stange *d* gezogen. Es wird also geprüft, ob nicht etwa auf oder dicht vor der Weiche ein Fahrzeug steht, und dann die Weiche entriegelt. Würde die Hubschiene nicht hochgehoben werden können, weil auf ihr ein Fahrzeug steht, so würde der Hebel jj^2 seinen Weg nicht beendigen und der Riegel *m* nicht aus der Verschlußstellung entfernt werden können. Infolge des auftretenden Widerstandes würde sich die elektromagnetische Kupplung am Motor lösen und der Motor allein weiterlaufen. Durch Ausbleiben der Rückmeldung würde der Wärter im Stellwerk von der nicht erfolgten Weichenumstellung Kenntnis erhalten. Ist die Hubschiene hochgehoben und die Weiche entriegelt, so bleibt der Hebel jj^2 infolge der Formung der Kurvenführung stehen, der Hebel nn^2 dagegen beginnt sich zu bewegen, stellt dabei die Weichenzungen um und kommt alsdann wieder zur Ruhe. Bei der weiteren Bewegung der Steuerwalze wird der Hebel jj^2 in seine Ruhestellung zurückgeführt, wobei er die Hubschiene wieder senkt und den Riegel *m* in einen zweiten, der neuen Endlage der Weiche entsprechenden Schlitz der Stange *d* einführt. Ist dies geschehen, so schaltet der Knaggen *p* den Steuerschalter *q* um und der Motor wird stillgesetzt. Die Umschaltung geschieht wieder nur, wenn der Hebel jj^2 seinen vollen Weg zurückgelegt, wenn also die Verriegelung der Weiche stattgefunden hat.

Die Konstruktion des Weichenantriebes ist schwerfällig. Die Teile sind nebeneinander hingesetzt, ohne daß Rücksicht auf eine geschlossene Gesamtanordnung genommen wäre. Die Teile sind dadurch allerdings leicht auswechselbar. Indes geschieht dies auf Kosten der Zahl der einer Abnutzung ausgesetzten Teile. Durch eine zweckmäßige Wahl der Abmessungen und Anordnung der Teile lassen sich die Vorzüge, die diesem Antrieb nachgerühmt werden, mit einfacheren Mitteln erreichen.

b) Signalantrieb.

Der Signalantrieb (Fig. 83) besteht aus einem Elektromotor *a*, welcher über ein doppeltes Zahnradgetriebe *b c*, ein Kettenrad antreibt. Über dieses und ein zweites Kettenrad *d* läuft eine Gelenkkette, welche eine Mitnehmerrolle *f* trägt. Diese trifft bei einer Bewegung der Kette auf einen

Mitnehmerhebel *h*, welcher zusammen mit einigen weiteren Hebeln und einem Elektromagneten *m* eine elektrische Flügelkupplung bildet. Der Elektromagnet sitzt auf einem Gußstück *g*, welches um einen festen Punkt *o* im Signalgestell drehbar ist, und an welchem die zum Signalflügel führende Stange *B* angreift. Die Abbildung zeigt den Antrieb für ein zweiflügliges Signal. Der eine Flügel, an welchem die Stange *B* angreift, befindet sich in der Fahrtstellung, der andere mit der Angriffstange *A* in der Haltstellung. Jeder der Flügel hängt mit einer Flügelkupplung *h g m* ung h_2 g_2 *m* zusammen.

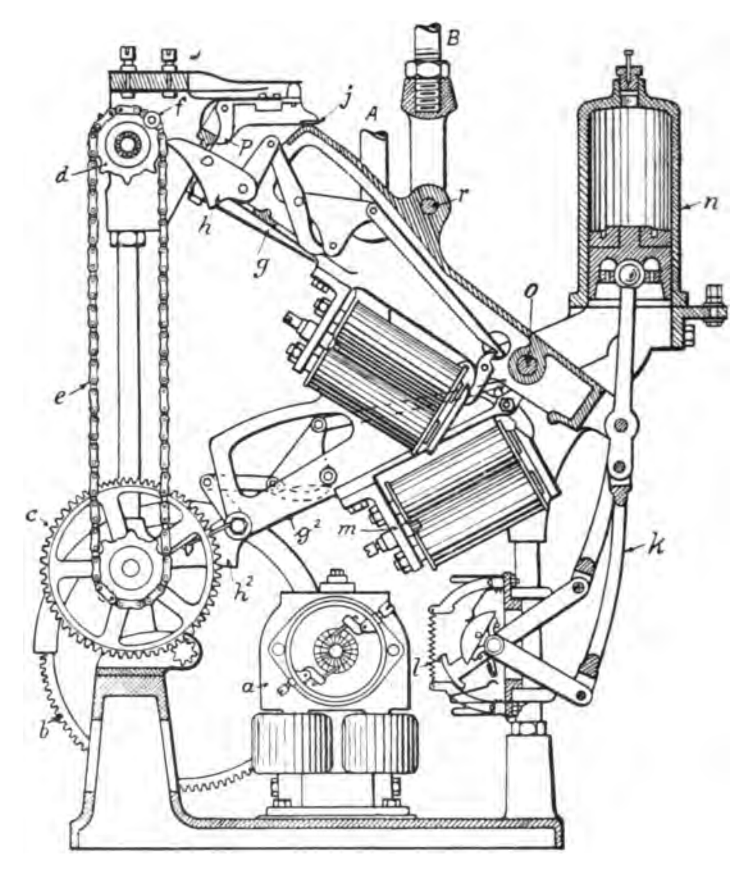


Fig. 83.

In der Fahrtstellung fängt sich der Hebel *h* hinter einer im Gestell gelagerten Fangklinke *p* und hält den Flügel auf Fahrt. Die Haltstellung wird dadurch herbeigeführt, daß der durch den Kuppelmagneten *m* fließende Strom unterbrochen und durch das Gewicht des Flügels und des Gestänges der Hebel *h* aus dem Bereich der Fangklinke *p* gezogen wird, worauf das Stück *g* mit dem Flügel in die Haltlage fällt.

Fig. 84a bis c zeigen die Einrichtung der Kupplung näher. Bei einer Bewegung der Kette in der Pfeilrichtung stößt die Rolle *f* gegen den Hebel *h* und versucht, ihn um seinen Drehpunkt in dem Stück *g* zu drehen. Bei erregtem Magneten *m* (Fig. 84a) wird diese Drehung dadurch verhindert, daß eine Kuppelstange zwischen dem Hebel *h* und dem Ankerhebel von letzterem bei anliegendem Anker festgehalten wird. Ist dies aber

nicht der Fall (Fig. 84 b), so ist die Kuppelstange frei beweglich und der Hebel *h* wird durch die Rolle *f* um seinen Drehpunkt gedreht und die Teile der Kupplung treten in die Stellung nach Fig. 84 c. Der Antriebhebel *g* nimmt also an der Bewegung der Antriebkette nicht teil und der Flügel bleibt in der Haltlage liegen. In die gleiche Lage legen sich die Teile der

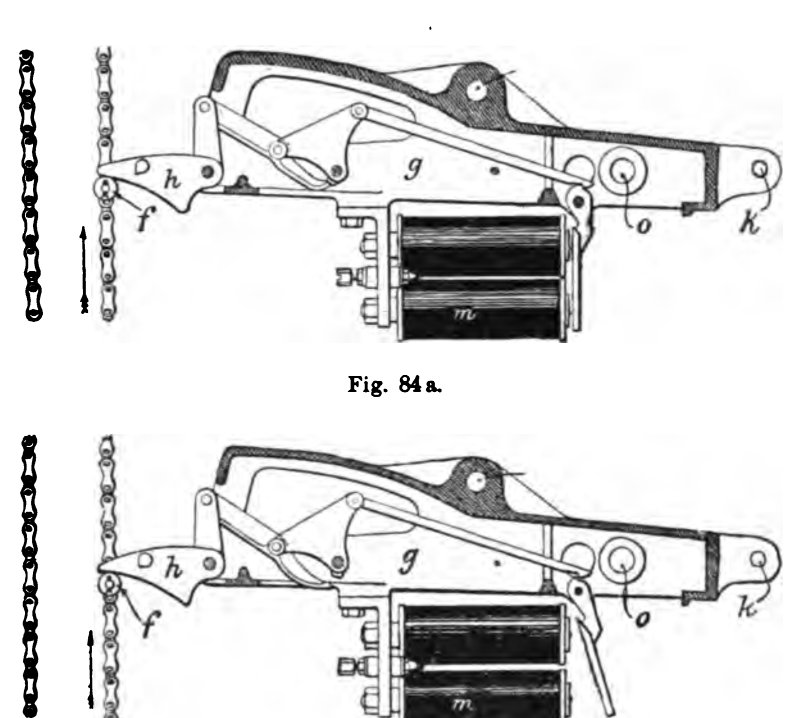


Fig. 84 a.

Fig. 84 b.

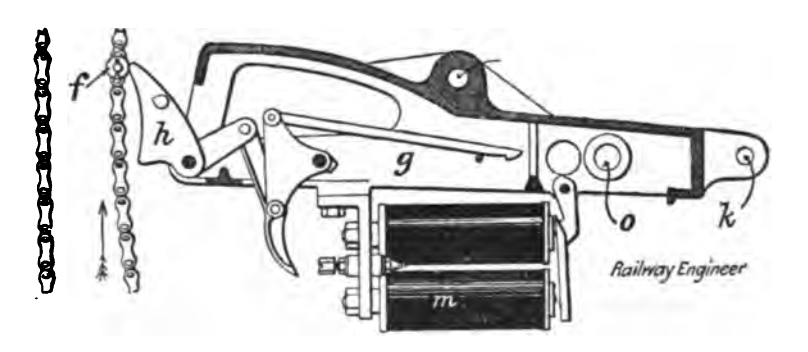


Fig. 84 c.

Kupplung nach der Entmagnetisierung der Kuppelmagnete, unter Wirkung des Flügelgewichtes, wobei das Stück *g* von dem Fanghebel *p* frei wird.

Ein Kontakt im oberen Teil des Antriebgestelles, welcher durch *g* und den Hebel *j* gesteuert wird, dient zur Unterbrechung des Arbeitstroms in der Fahrtstellung des Signals. Ein von dem Antriebhebel *g* durch die Stange *k* betriebener Schalter *l* dient zur Anschaltung des Rückmeldestroms.

Damit der Flügel sanft in die Haltstellung fällt, steht der Hebel *g* mit einem Luftpuffer *n* in Verbindung.

Die Bauweise des Antriebes läßt noch mehr als die Weichenantriebe jede Geschlossenheit vermissen. Von einer guten konstruktiven Durchbildung der Einzelteile ist gänzlich abgesehen. Der Antrieb ist eine große Maschine geworden. Die Teile liegen zwar für die Unterhaltung bequem zugänglich, verlangen aber ungewöhnlich viel Raum.

Für niedrige Signale (vgl. S. 428) wird ebenfalls ein Motorantrieb verwendet, wozu die Erkenntnis geführt hat, daß ein derartiger Antrieb den

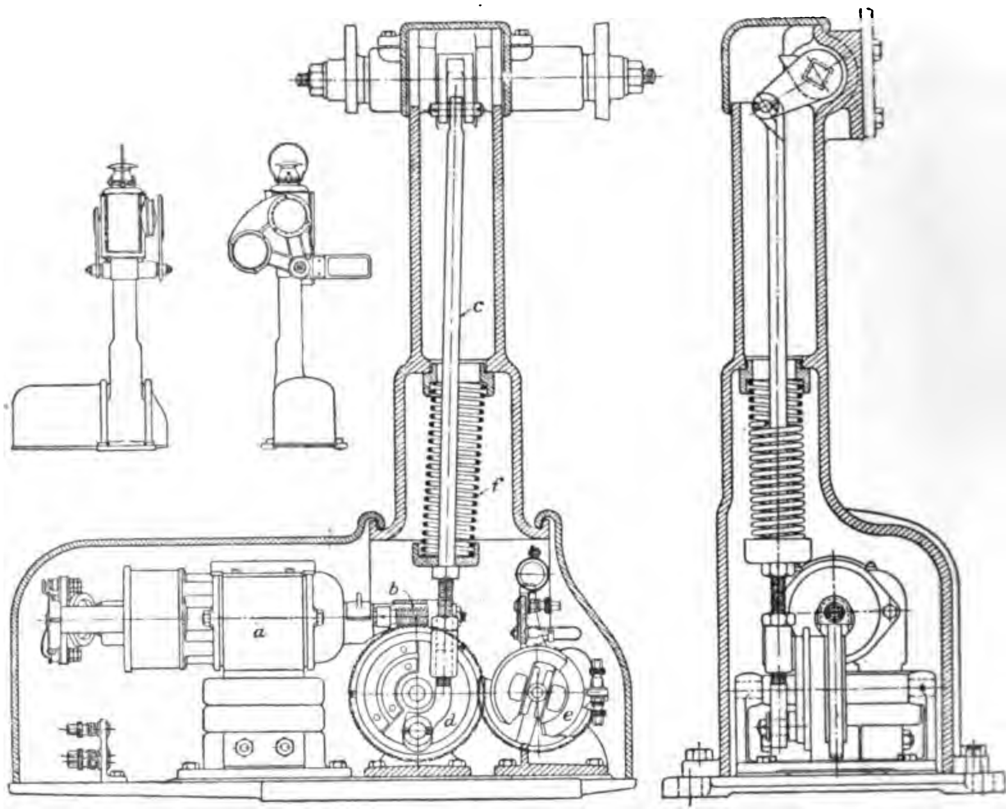


Fig. 85.

für diesen Zweck meist gebräuchlichen elektromagnetischen (Solenoid)-Antrieben trotz deren scheinbar größeren Einfachheit durch seine sichere Wirkung und geringeren Stromverbrauch überlegen ist. Fig. 85 stellt ein Signal mit diesem Antrieb dar. Der Motor *a* treibt mit einem Schneckenantrieb die Scheibe *d*. An einem Zapfen auf dieser Scheibe greift eine zum Signalflügel führende Zugstange *c* an. Zwischen der Scheibe und dem Schneckenrad befindet sich eine elektromagnetische Kupplung, welche gleichzeitig mit dem Motor Strom erhält. Nach Erreichung der Fahrtstellung wird der Motor durch einen Schalter *e*, welcher von der Scheibe durch ein Zahnrad angetrieben wird, abgeschaltet und die Fahrtstellung nach dem Stellwerke gemeldet, während die Kupplung noch Strom behält. Durch Zurücklegen des Signalhebels wird der Kuppelstrom unterbrochen und infolgedessen der Flügel durch eine kräftige Feder *f* in die Haltlage zurückgeführt. Die

Haltstellung des Signales hängt also davon ab, daß die Kupplungsteile sich auch wirklich bei Stromunterbrechung voneinander lösen. Da aber die beiden Scheiben der Kupplung sich dicht aneinander legen müssen, um nicht zu großer Ströme für die Kupplung zu bedürfen, so liegt erfahrungsgemäß die Gefahr vor, daß die beiden Teile sich im Betriebe festfressen.

c) Stellwerkschalter.

Die Stellwerke mit den Schaltern sind von der üblichen amerikanischen (Westinghouse) Bauart (Fig. 86). Das Stellen der Weiche und das Zurückstellen der Signale auf Halt geschieht in zwei Absätzen. Um aber

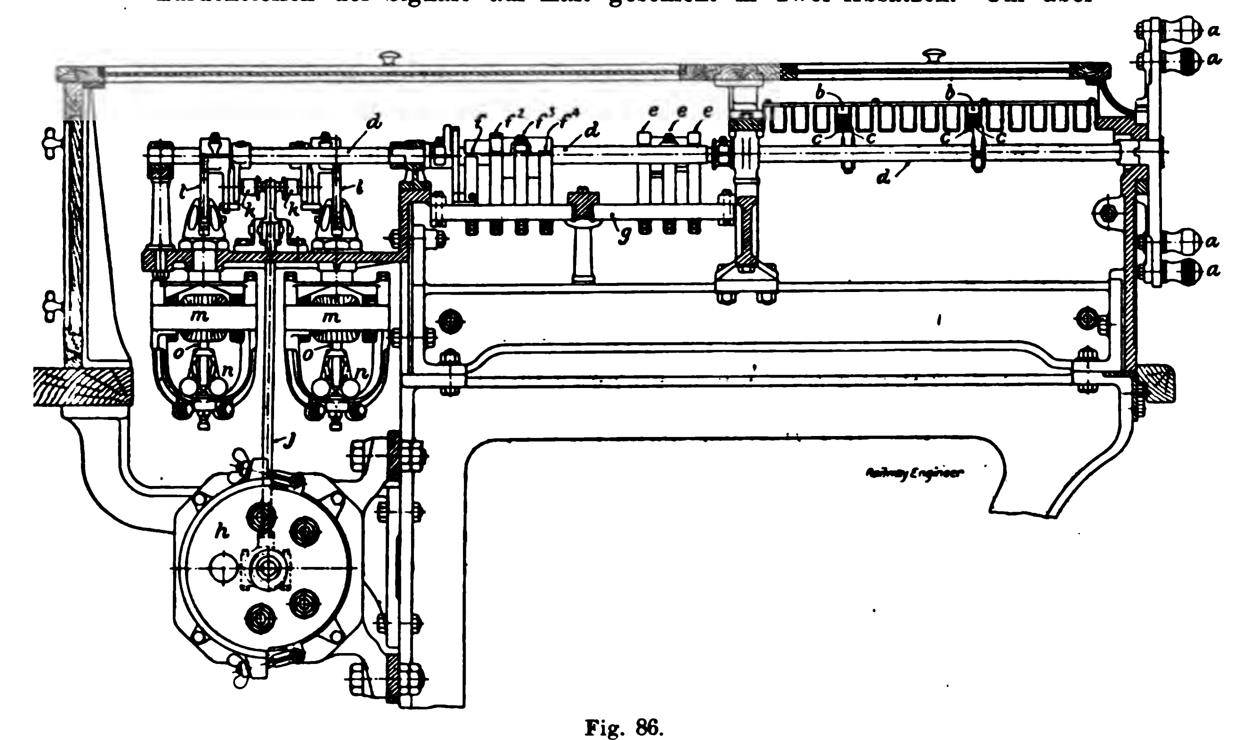


Fig. 86.

nicht nötig zu haben, nach dem ersten Teil des Stellhubes zu warten, bis die Rückmeldung von der erfolgten Umstellung eintrifft, und dann den Stellhebel von Hand weiter umzulegen, ist die Einrichtung getroffen, daß der zweite Teil des Stellhubes ohne Mitwirkung des Wärters durch einen Elektromotor bewirkt wird.

Nach Zurücklegen des ersten Teiles des Hubes sperrt sich die Hebelwelle *d*, welche die Hebelschalter *f* zum Anschalten des Motors trägt, an einer Klemmensperre, welche sich an ihrem hinteren Teile befindet, indem eine auf ihr sitzende Scheibe *l* sich in einer Klemmvorrichtung festlegt. Diese Klemmvorrichtung wird durch einen Hilfselektromotor *m*, der sich unter ihr befindet, beeinflußt. Erhält der Motor Strom und setzt sich sein Anker in Drehung, so schlägt ein auf seiner Welle befindliches Schwungkugelgetriebe *n* auseinander und zieht die Welle *o* nach abwärts. Hierdurch wird die Klemmvorrichtung gelöst und die Hebelwelle frei. Der Motor *m* erhält Strom, sobald die Rückmeldung von der erfolgten Umstellung des Weichen-

und Signalantriebes erfolgt. Für jeden Hebel ist ein Motor vorgesehen. Ist die Welle freigegeben, so dreht ein zweiter Hilfsmotor *h*, der ebenfalls durch den Rückmeldestrom gespeist wird, die Welle *d* mit Hilfe eines Kurbelgetriebes *j k* in ihre Endlage.

Diese Art der Lösung der Aufgabe, zur Umstellung eines Antriebes dem Stellhebel nur eine Bewegung von Hand zu geben, ist ersichtlich eine äußerst schwerfällige. Der Fehler in der richtigen Wahl der richtigen Mittel ist hierbei ganz besonders in die Augen fallend. Man braucht hierzu nur die einfache Art, wie die deutschen Systeme der gleichen Forderung gerecht werden, zu beachten.

3. Ramsey-Weir-System.

Älter als die beiden vorbeschriebenen amerikanischen Systeme ist das Ramsey-Weir-System, welches seit dem Jahr 1891 auf einigen Bahnhöfen der Vereinigten Staaten vorübergehend in Gebrauch stand. Es weist ihnen und allen sonstigen späteren Anlagen amerikanischen und englischen Ursprungs gegenüber sehr charakteristische Eigenheiten auf, durch welche es sich vorteilhaft von ihnen unterscheidet, und derentwegen es an dieser Stelle Erwähnung verdient.

a) Weichenstellung.

Die Bewegung der Weichen geschieht mit Hilfe eines stets in demselben Drehsinn umlaufenden Motors, welcher nach Vollendung des Stellwegs durch einen von dem Getriebe gesteuerten Kontakt von der Stromquelle abgeschaltet und durch eine Magnetbremse zum Stillstand gebracht wird. Durch die Weichenzungen bewegte Kontakte schließen alsdann einen Überwachungstromkreis, in welchem ein Überwachungsmagnet im Stellwerk liegt. In diesem Stromkreis liegt außerdem noch ein Kontakt im Weichenantrieb, welcher dessen eingetretene Verriegelung in einer Endlage überprüft. Für jede Endstellung der Weiche ist ein besonderer Überwachungstromkreis und ein besonderer Überwachungsmagnet vorhanden.

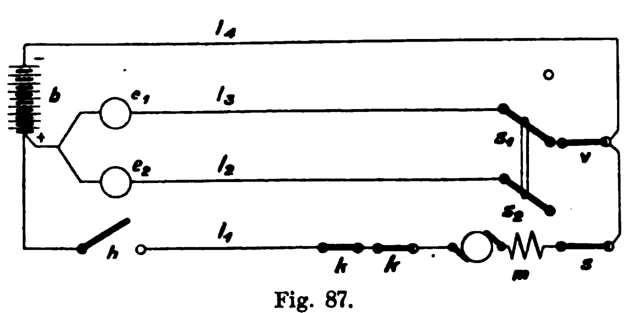


Fig. 87.

Die Umkehr der Bewegung des Weichenantriebes geschieht in der Weise, daß der Motor ein Kurbelgetriebe bei jedem Stellweg um 180° verdreht.

In der einen Laufleitung sind Kontakte an den Signalrückmeldemagneten der von der Weiche abhängigen Signale so angeordnet, daß der Arbeitstrom nur bei Haltstellung dieser Signale geschlossen, ein Bewegen der Weichen bei auf Fahrt stehenden Signalen also ausgeschlossen ist.

Die Schaltung für einen Weichenantrieb entspricht der Fig. 87.

In der Grundstellung fließt der Überwachungstrom $+ b\ e_1\ l_3\ s_1\ v\ l_4 - b$, wobei *v* einen Kontakt bedeutet, welcher die geschehene Verriegelung der Weiche überprüft, während die übrigen Bezeichnungen dieselbe Bedeutung

haben, wie bei den früheren Schaltskizzen. Der Überwachungsmagnet e_1 hat seinen Anker angezogen und zeigt dies im Stellwerk durch die Stellung einer Farbscheibe an.

Um die Weiche aus ihrer Grundstellung in die umgelegte Stellung zu bewegen, wird der Stellhebel *h* umgelegt. Es fließt der Strom $b\ h\ l_1\ kk\ m\ s\ l_4$. *kk* bedeuten dabei Kontakte an dem Signalüberwachungsmagneten, *s* den Motorausschalter. Der Motor *m* läuft und stellt die Weiche um. Der Ausschalter *s* wird geöffnet und der Motor stillgesetzt. Die Steuerschalter $s_1\ s_2$ sind umgelegt, und der Überwachungstrom $+ b\ e_2\ l_2\ s_2\ v\ l_4 - b$ ist geschlossen.

Der Motor ist ein gewöhnlicher Hauptstrommotor mit Hufeisenmagnet und Trommelanker. Er hat für eine Weichenumstellung etwa $^1/_2$ PS zu leisten. Die Verbindung des Motors mit dem Weichengetriebe geschieht in eigenartiger Weise durch ein Schwungkugelgetriebe, wie aus Fig. 88 ersichtlich. Auf der verlängerten Motorwelle *A* befindet sich ein Schwungkugelregulator, wie er zur Regelung der Geschwindigkeiten von Dampf- und anderen Maschinen gebraucht wird. An seiner beweglichen Hülse H_2 greifen zwei mit einem Zahnradbogen *C* verbundene Hebel *G* an. Sobald der Motor eine gewisse Geschwindigkeit erreicht hat, fliegen die Kugeln auseinander, bewegen die Hülse und drehen den Zahnradbogen. Dieser greift in ein auf der Hauptwelle *W* lose sitzendes Zahnrad ein, welches einen Arm *U* mit einer Schaltklinke *L* trägt. *L* steht im Eingriff mit einem Schaltrade *R*, welches fest auf der Hauptwelle sitzt. Bei einer Drehung des Zahnrades im Sinne des Uhrzeigers, wie sie durch den Ausschlag der Schwungkugeln hervorgerufen wird, nimmt die Klinke *L* das Schaltrad und damit die Welle *W* mit. Eine auf der Welle befestigte Antriebkurbel, an welcher eine zu den Weichenzungen gehende Stange angreift, wird dabei gedreht. Nachdem sie um 180° gedreht ist, wird der Motor abgeschaltet und durch eine Bremse stillgesetzt.

Eine auf der Motorwelle aufgewundene Schraubenfeder führt das Schwungkugelgetriebe wieder in seine Grundstellung zurück, wobei auch das Zahngetriebe in seine Anfanglage gelangt. Die Welle *W* und mit ihr die Antriebkurbel bleiben aber liegen, da bei dieser Bewegung die Schaltklinke *L* das Schaltrad *R* nicht mitnehmen kann.

Wird hierauf der Stellhebel von neuem umgelegt, so bewegt der Motor die Antriebkurbel in demselben Sinne, wie vorher, um weitere 180° und stellt die Weiche wieder zurück.

Die Motorbremse ist eine Reibungsbremse. Sie besteht (vgl. Fig. 89) aus der auf der Motorwelle zwischen Lagerbock und Schwungkugelgetriebe sitzenden Bremsscheibe *S* und einem Bremsbacken *T*, der durch eine Schraubenfeder F_1 gegen die Scheibe gepreßt wird. Der Schraubenfeder entgegen arbeitet ein Elektromagnet, welcher in die Laufleitung des Motors eingeschaltet ist, und sobald er vom Strom durchflossen wird, den Bremsbacken von der Scheibe abzieht. Anstatt einen besonderen Elektromagneten einzuschalten, wird gewöhnlich ein Polschuh des Motors als Magnet benutzt, gegen den sich ein im Gestell gelagerter Anker *O* anlegt, wenn der Motor Strom erhält. Sobald der Arbeitstrom eingeschaltet wird, wird also die Bremsung aufgehoben und der Motor freigegeben.

Der Weichenantrieb wird in seinen Endlagen dadurch verriegelt, daß eine federnde Sperrklinke sich in eine auf der Hauptwelle *W* befestigte

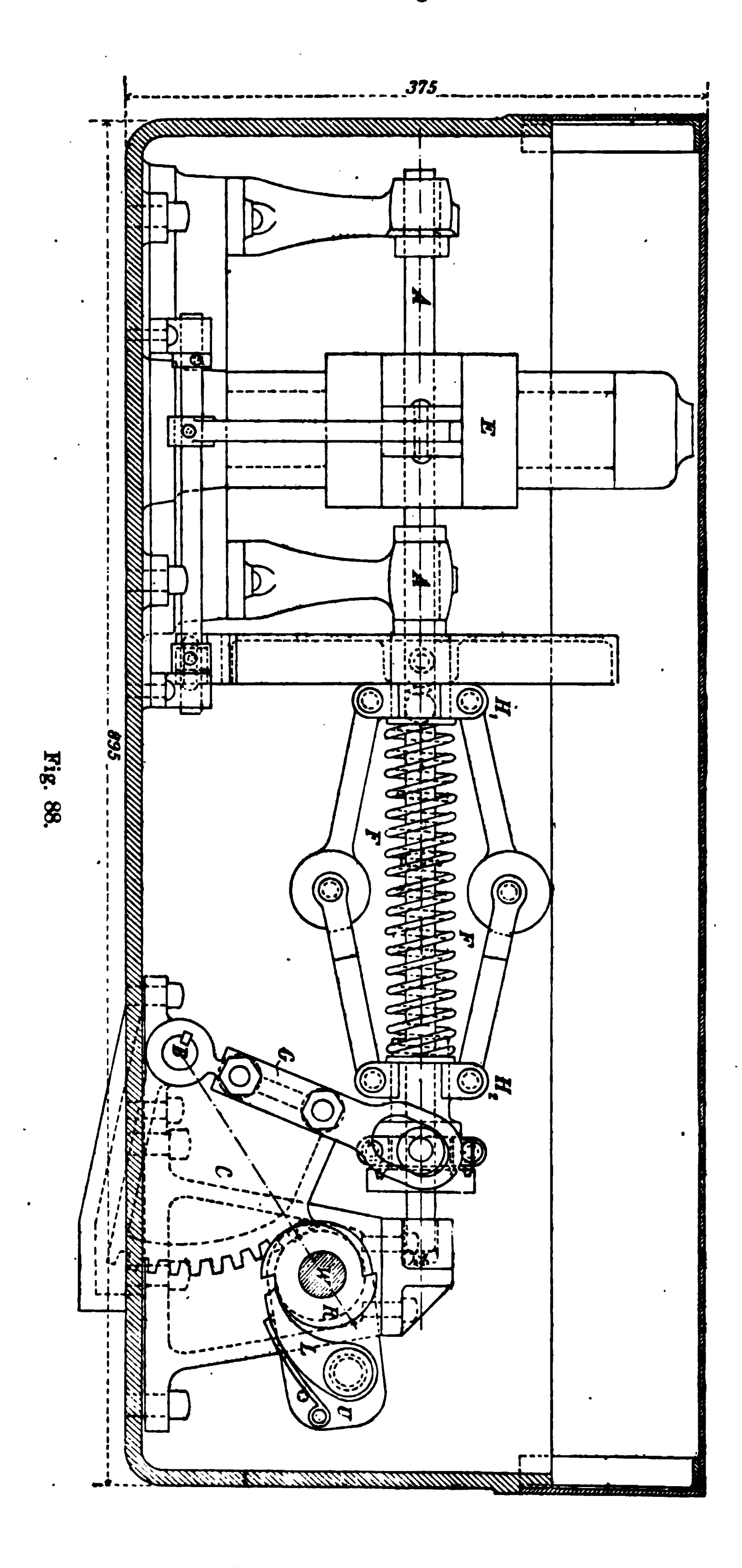


Fig. 88.

Sperrscheibe legt. Bei Beginn der Bewegung des Zahnkranzbogens wird die Klinke aus der Sperrlage gehoben, bei Beendigung desselben fällt die selbsttätig wieder in dieselbe ein.

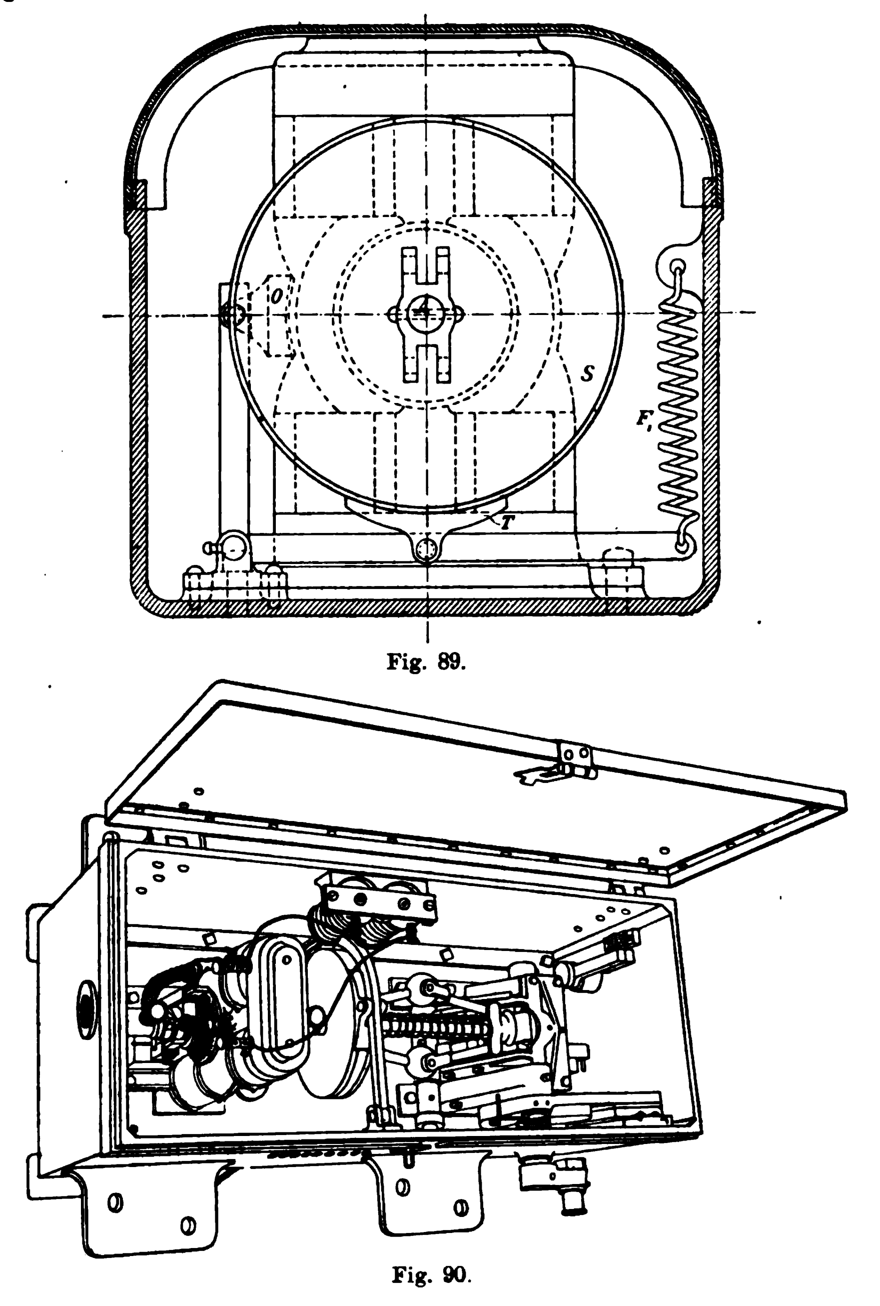


Fig. 89.

Fig. 90.

Der Weichenantrieb ist nicht aufschneidbar. Er wird in einem eisernen Kasten (Fig. 90) eingeschlossen, aus dem nur die Antriebkurbel herausragt.

b) Signalstellung.

Die Schaltung für die Signalantriebe geschieht nach Fig. 91. Es wird nur die Haltstellung des Signalantriebes im Stellwerk überwacht, zu welchem

Zwecke im Stellwerk ein Überwachungselektromagnet e untergebracht ist. Er hält bei angezogenem Anker Kontakte geschlossen, über welche, wie oben beschrieben (vgl. Fig. 87), die Laufleitungen der mit dem Signal in Abhängigkeit stehenden Weichen geführt werden.

ww sind Weichenkontakte, welche in der dem Signal entsprechenden Stellung der Weichenzungen geschlossen sind. s_1 ist ein Kontakt im Signalantrieb, welcher bei auf Fahrt stehendem Signal geschlossen ist, s_1 ein Kontakt, welcher durch einen Elektromagneten f im Antrieb gesteuert wird, s_2 ein in der Haltstellung des Signalantriebes geschlossener Kontakt. Der Überwachungstrom fließt auf dem Wege $+ b\, e\, l_2\, s_2\, l_3 - b$.

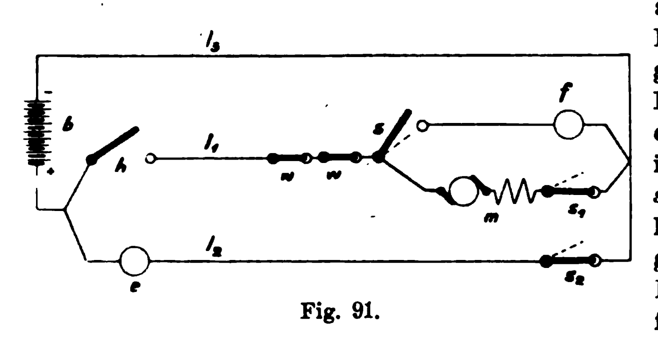


Fig. 91.

Wird der Signalstellhebel h umgelegt, so fließt zunächst der Strom $+ b\, hl_1\, w\, w\, m\, s_1\, l_3 - b$. Der Motor läuft und stellt den Signalflügel auf Fahrt. Nach Erreichen der Fahrtstellung schaltet der Antrieb den Schalter s selbsttätig um. Es entsteht parallel zum Motorstromkreis der Stromweg $+ b\, h\, l_1\, w\, s\, f\, l_3 - b$. Elektromagnet f zieht seinen Anker an und öffnet dabei Kontakt s_1, wodurch der Motor ausgeschaltet wird. Der Signalflügel bleibt auf Fahrt stehen, da er sich bei erregtem Festhaltemagneten f an einem von dem Anker desselben bewegten Hebel abstützt. Beim Zurücklegen des Stellhebels wird bei h der Stromkreis des Festhaltemagneten unterbrochen. Sein Anker fällt ab und der Antrieb verliert seine Abstützung, infolgedessen der Signalflügel unter Wirkung eines Gewichtes in die Haltlage gehen kann. In dieser wird auch der beim Beginn der Fahrtstellung geöffnete Kontakt s_2 in der Überwachungsleitung und damit der Überwachungstromkreis wieder geschlossen.

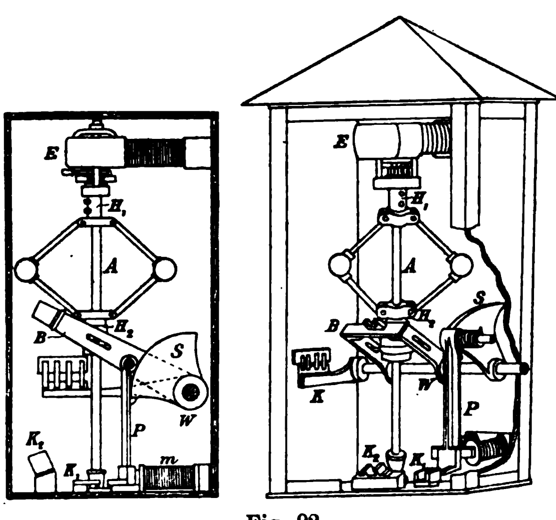


Fig. 92.

Gehört zu dem Signal ein Vorsignal, so wird nach Abschaltung des Signalmotors der Stellstrom weiter zu dem Motor des Vorsignales geschickt. Ebenso wird die Überwachungsleitung (l_2) zunächst nach dem Vorsignal weiter geführt und überprüft dort die Haltstellung des Vorsignales, bevor sie sich an die Rückleitung l_3 anschließt.

Die Ausführung des Signalantriebes zeigt Fig. 92. Der Antrieb benutzt wie bei dem Weichenantrieb ein Schwungkugelgetriebe. Er

ist in der Fahrtstellung des Signalflügels dargestellt. Die bewegliche Hülse H_2 des Getriebes hat ihre höchste Stellung erreicht und dahin den Hebel *B*, in dessen Schlitz sie mit einem Zapfen eingreift, mitgenommen. Dadurch ist die Antriebwelle *W*, auf der eine Kurbel für die Signalflügelstange aufgekeilt ist, ebenfalls nach aufwärts geführt. Das Sperrstück *S* auf der Antriebwelle stützt sich gegen eine Nase an dem Stützhebel *P*, dessen unteres Ende gegen den Festhaltemagneten *m* gezogen ist. Bei Unterbrechung des Stromes durch *m* wird der Hebel *P* durch eine Feder von dem Magneten abgedrückt und entzieht dem Getriebe seine Stütze. Die Schwungkugeln bewegen sich gegeneinander und die Hülse H_2 geht nach abwärts.

c) Stellwerkschalter.

Als Stellwerkschalter werden einfache Hebelschalter, welche nur in ihrer einen Endstellung Kontakt haben, verwendet. In der Ruhelage

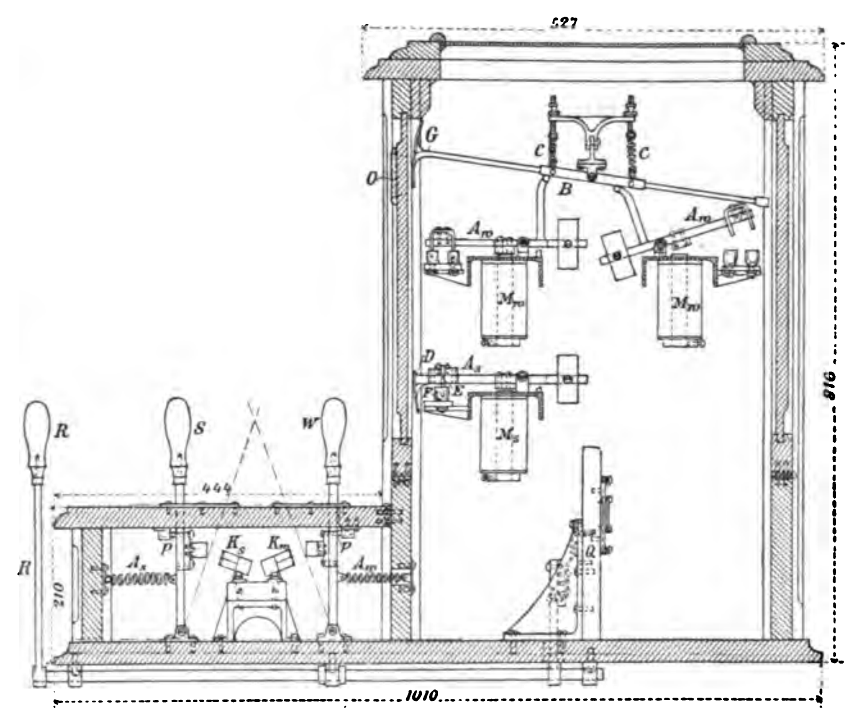


Fig. 93.

stehen sämtliche Kontakte der Hebel offen. Die Hebel werden dabei durch Federn in dieser ihrer Grundstellung festgehalten. Die Ausführung ist aus Fig. 93 ersichtlich, in der *S* die Signalhebel, *W* die Weichenhebel, M_s die Signalrückmeldemagnete, M_w die Weichenüberwachungsmagnete bedeuten. Die Hebel stehen in 2 Reihen je im Abstand von rund 150 mm voneinander.

Um einen Motor laufen zu lassen, wird sein Stellhebel umgelegt und in dieser Stellung so lange gehalten, bis der Rückmelde- oder Überwachungsmagnet anzeigt, daß die Umstellung beendet ist. Wird der Hebel alsdann losgelassen, so geht er in seine Grundstellung zurück. Die Signalhebel müssen so lange in der umgelegten Stellung gehalten werden, als das Signal

auf Fahrt stehen soll. Sobald der Hebel in seine Grundstellung zurückgeht, wird der Festhaltestromkreis für den Flügel unterbrochen und der letztere fällt auf Halt.

Die Stellung der Anker der Elektromagnete ist durch Farbscheiben an ihren Enden ersichtlich. Die beiden Weichenmagnete wirken auf eine gemeinsame Farbscheibe G ein, welche also 3 Stellungen: 1. Verschluß der Weiche in der einen oder, 2. in der anderen Lage oder dazwischen 3. nicht betriebsmäßige Weichenstellung anzeigt.

Die Abhängigkeitskontakte an den Magnetankern (vgl. Schaltung 87 und 91) werden durch Gefäße mit Quecksilber, in welche Metallbügel eintauchen, gebildet.

Mechanische Abhängigkeiten zwischen den Stellhebeln sind nicht vorhanden. Die Hebel können zu beliebigen Zeiten und in beliebiger Reihenfolge umgelegt werden. Ströme zu den Antriebmotoren können aber nur, solange es die Betriebsverhältnisse zulassen, durch Schließen der Kontakte am Hebel gesendet werden, da diese Stromkreise zunächst über die Abhängigkeitskontakte der mit der betreffenden Betriebsvorrichtung in irgend welcher Abhängigkeit stehenden Weichen und Signale geführt werden.

Die Sicherheit wird noch durch Schienenstromkreise erhöht, und die in diese eingeschalteten Magnetschalter halten die Laufleitungen eines Weichenmotors geöffnet, solange ein Fahrzeug einen in der Nähe der Weiche gelegenen Gleisabschnitt besetzt hält (vgl. S. 423).

Der in Fig. 93 vorhandene Hebel R dient zum Vorschalten von Widerständen vor die Motore, um die verschieden großen Leitungswiderstände auszugleichen.

Das System Ramsey-Weir ist durch die Art und Weise, in welcher die Abhängigkeiten zwischen den Betriebsvorrichtungen auf elektrischem Wege hergestellt werden, beachtenswert. Die dabei erreichte Sicherheit ist eine gute und übertrifft diejenige vieler später eingeführten Systeme. Die Verwendung von Ruheströmen für diese Zwecke und die Herstellung der Abhängigkeiten durch die gut zu überwachenden Kontakte im Stellwerk ist anzuerkennen.

Wenig glücklich sind dagegen die Ausführungen der Antriebe und des Stellwerkes. Der Mangel an mechanischen Verschlüssen in letzteren ist bedenklich, der Zwang, die Hebel in der umgelegten Stellung bis nach Beendigung der Umstellbewegung zu halten, und die Ausbildung der Quecksilberkontakte ist wenig empfehlenswert.

Ebensowenig ist die Art der Kraftübertragung von dem Motor auf den Signal- oder Weichenantrieb nachahmenswert. Bei einigermaßen handlichen Motoren ist die Größe der übertragbaren Kräfte zu gering.

Das System hat auch eine weitere Verbreitung nicht gefunden.

E. Englische Systeme.

1. Crewe-System.

Das zur Zeit (1906) allein in England in größeren Stellwerkanlagen angewendete einheimische elektrische System ist das Crewe-System von Webb & Thompson, mit dessen Einführung zunächst auf dem Bahnhof Crewe der London-Nordwest-Bahn begonnen wurde.

a) Weichenstellung.

Die Umstellung der Weichen erfolgt durch Motoren, deren Drehrichtung durch Umkehr der Stromrichtung in den Ankern infolge Umschaltung der Leitungen in dem Stellwerk bewirkt wird. Eine selbsttätige Abschaltung des Arbeitstromes nach beendetem Stellweg findet nicht statt. Der Motor läuft so lange, bis im Stellwerk durch den Stellhebel der Strom abgeschaltet wird. Zwischen dem Motor und den Weichenzungen ist eine mechanische Kupplung angeordnet, mittels welcher der Motor von dem Getriebe nach Umstellung und Verriegelung der Weiche abgekuppelt wird, so daß er bis zur Unterbrechung des Stromes leer weiterläuft.

In dieser Anordnung, welche größeren Stromverbrauch als bei der sonst üblichen selbsttätigen Abschaltung bedingt, kann im allgemeinen ein Vorteil nicht erblickt werden.

Der Stellhebel wird in zwei Abschnitten umgelegt (vgl. S. 420); in dem ersten schaltet er den Arbeitstrom an, in dem zweiten schaltet er ihn wieder ab. Die zwischen den beiden Abschnitten liegende Sperrung wird, wie üblich, durch die Überwachungsmagnete, von denen für jede Endlage einer vorhanden ist, aufgehoben. Die Überwachungströme werden bei Vollendung des Stellhebelhubes abgeschaltet. Ständiger Überwachungstrom ist also nicht vorhanden. Dagegen kann sogleich bei Beginn des Stellhebelweges die ordnungsmäßige Lage der Weiche jedesmal überprüft werden.

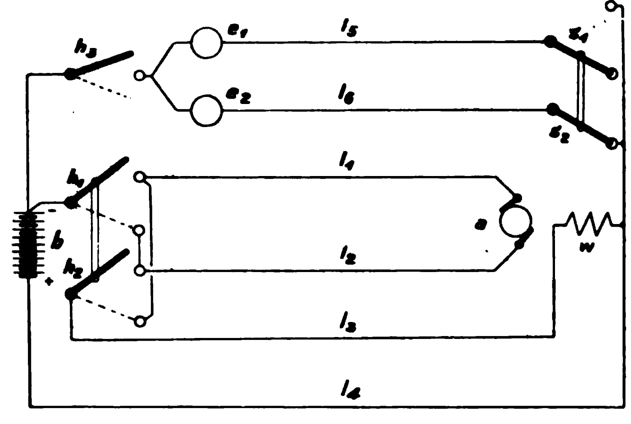


Fig. 94.

Die Schaltung entspricht der Fig. 94. In der Ruhelage sind sämtliche Leitungen stromlos. Durch Umlegen des Stellhebels werden die Hebelschalter h_1 und h_2 mit den Leitungen l_1 und l_2 verbunden (punktierte Lage).

Es fließt der Strom $+ b\, l_4\, w\, l_3\, h_2\, l_1\, a\, l_2\, h_1 - b$. Der Motor läuft.

Nach Beendigung des Stellweges werden die Steuerkontakte s_1 s_2 umgelegt und dem Überwachungsmagneten e_1 auf dem Wege $+ b\, s_1\, l_5\, e_1\, h_3 - b$ Strom zugeführt. Bei Fortsetzung des Hubes des Stellhebels unterbricht der Hebelschalter h_3 diesen Strom wieder.

Den Weichenantrieb stellt die Fig. 95 dar. Der Motor b arbeitet mit senkrecht stehender Achse. Er treibt ein Schneckenradgetriebe d c an, welches durch zwei einseitige Klauenkupplungen die Antriebwelle, auf welcher das Schneckenrad lose sitzt, je nach dem Drehsinn des Motors nach rechts oder links dreht. Ein Antriebkurvenrad e trägt auf jeder Seite eine Hubkurve, in welche je ein Hebel f_1 f_2 mit einer Rolle eingreift. An dem einen Hebel (f_2) greift eine zu den Weichenzungen führende Stange f_4 an, welche die Umstellung der Weiche bewirkt. Von dem anderen Hebel (f_1) aus wird ein Riegel zum Verschluß der Weichenzungen und eine Hubschiene

(vgl. S. 435) angetrieben. Letztere ist jedoch nur bei spitz befahrenen Weichen vorhanden. Das Antriebrad trägt außerdem auf seinem Rand eine Wulst, durch welche die Klauenkupplungen durch ihre doppelarmigen Einrückhebel r_1 r_2 aus- und eingerückt werden. Nach Umstellung und Verriegelung der Weiche verschiebt die Wulst einen wagerecht geführten Steuerschieber nach der einen oder anderen Richtung entsprechend der Weichenlage, indem sie gegen einen Zapfen an dem Schieber anläuft. In dem Steuerschieber ist ein Ausschnitt, in dem die einen Enden der Einrückhebel liegen. Die Hebel sind durch zwei Federn miteinander verbunden. Der Schieber rückt infolgedessen bei der Verschiebung die eine bis dahin mit dem Schneckenrade c gekuppelte Kupplung aus dem Eingriff mit dem Rade aus und gibt der anderen dadurch die Möglichkeit,

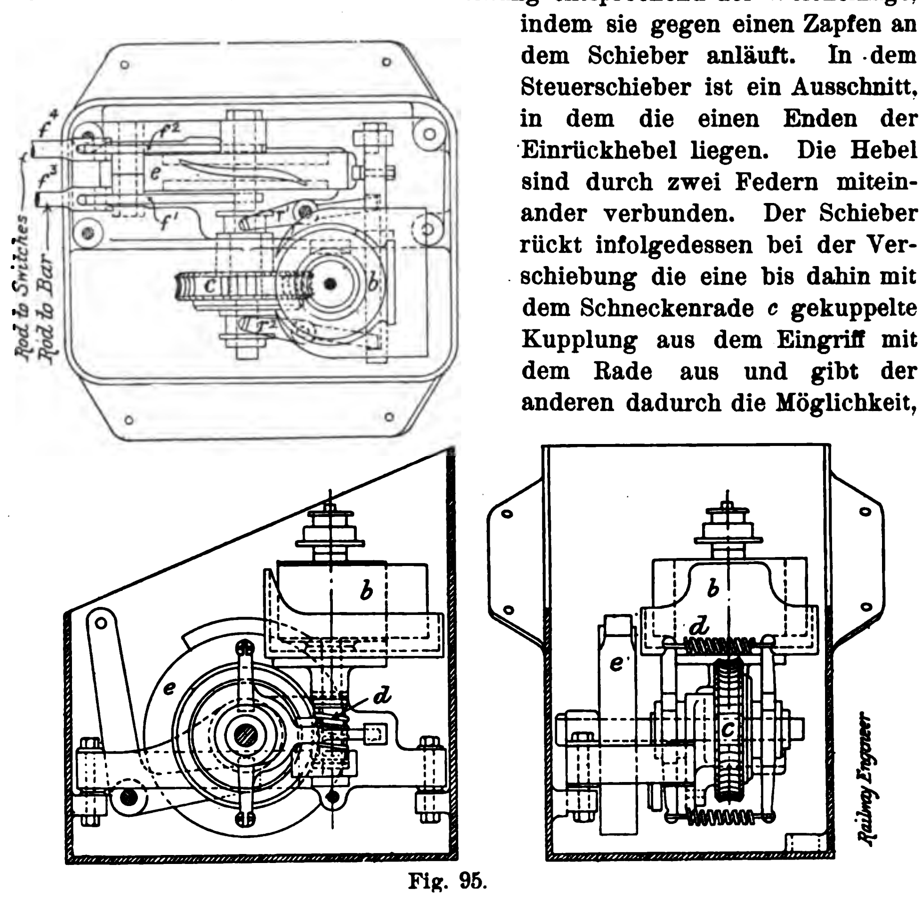


Fig. 95.

ihrerseits in das Rad einzugreifen. r_2 ist in der eingerückten, r_1 in der ausgerückten Lage gezeichnet.

Bei der Umkehr der Bewegung des Motors nimmt die Kupplung r_1 die Antriebrolle e mit und führt sie in ihre vorige Lage zurück.

Die Hubkurven der Antriebrolle sind so gestaltet, daß in beiden Richtungen zunächst durch die Stange f_3 die Weiche entriegelt und die Hubschiene an ihr zur Prüfung, ob etwa ein Fahrzeug auf ihr steht, gehoben wird, dann die Stange f_4 bewegt wird und damit die Weichenzungen umgelegt werden. Zum Schluß wird die Weiche wieder verriegelt.

Der Antrieb ist in einem gußeisernen Gehäuse, der mit einem Blechdeckel abgedeckt ist, eingeschlossen. Das Gehäuse ist bis zur Höhe der Antriebwelle mit schwerem Mineralöl angefüllt, so daß das Schneckenradgetriebe ständig in Öl läuft. In das Gehäuse eindringendes Wasser sinkt durch das Öl auf den Boden und wird durch das Gewicht des Öls durch ein seitliches Rohr aus dem Gehäuse wieder herausgedrückt.

Die Teile für die Verriegelung der Weiche und des Hubschienenantriebes sind in Fig. 96 abgebildet. Die Stange f_3 bewegt über den Winkelhebel j den Riegel g, welcher in den beiden Endlagen der Weichenzungen in Ausschnitte in die mit den Zungen fest verbundenen Stangen h_1 h_2 eindringt und die Weiche damit verriegelt. An den Schieber ist ein doppelarmiger

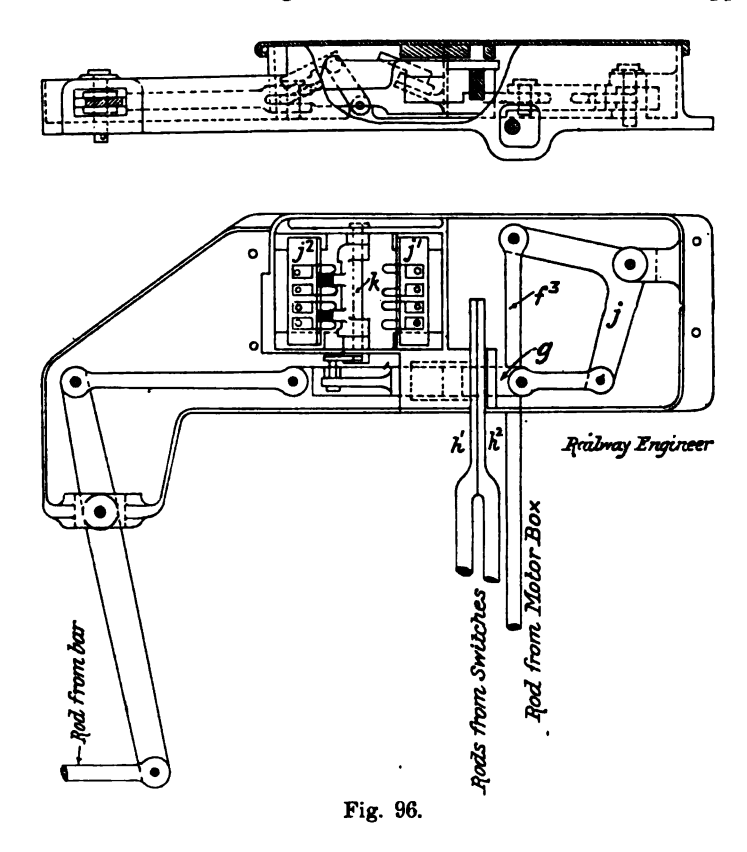


Fig. 96.

Hebel angelenkt, durch dessen Bewegung die Hubschiene gehoben und gesenkt wird.

In dem gleichen Gehäuse mit dem Riegel und von diesem gesteuert befinden sich die Steuerkontakte j_1 j_2. Ist die Weiche in der einen Endlage verriegelt, so ist j_1, ist sie in der anderen Endlage verriegelt, j_2 durch den Schalthebel k geschlossen.

Ein zweiter Satz Kontakte wird benutzt, um über sie die Ströme für diejenigen Signale zu führen, welche von der Stellung der Weichen abhängen.

Der Weichenmotor in dem Antrieb ist in Fig. 97 abgebildet. Er verbraucht zur Umstellung einer Weiche bei 100 V. Spannung 20 Ampere und macht dabei etwa 800 Umdrehungen in der Minute. Die Umstelldauer beträgt etwa 3 Sekunden. Der Stromverbrauch ist im Vergleich zu allen übrigen Ausführungen ein ganz außerordentlich hoher. Der Motor und das Getriebe laufen dabei noch vollständig in Öl. und die Motorachse ist in Kugellagern gelagert.

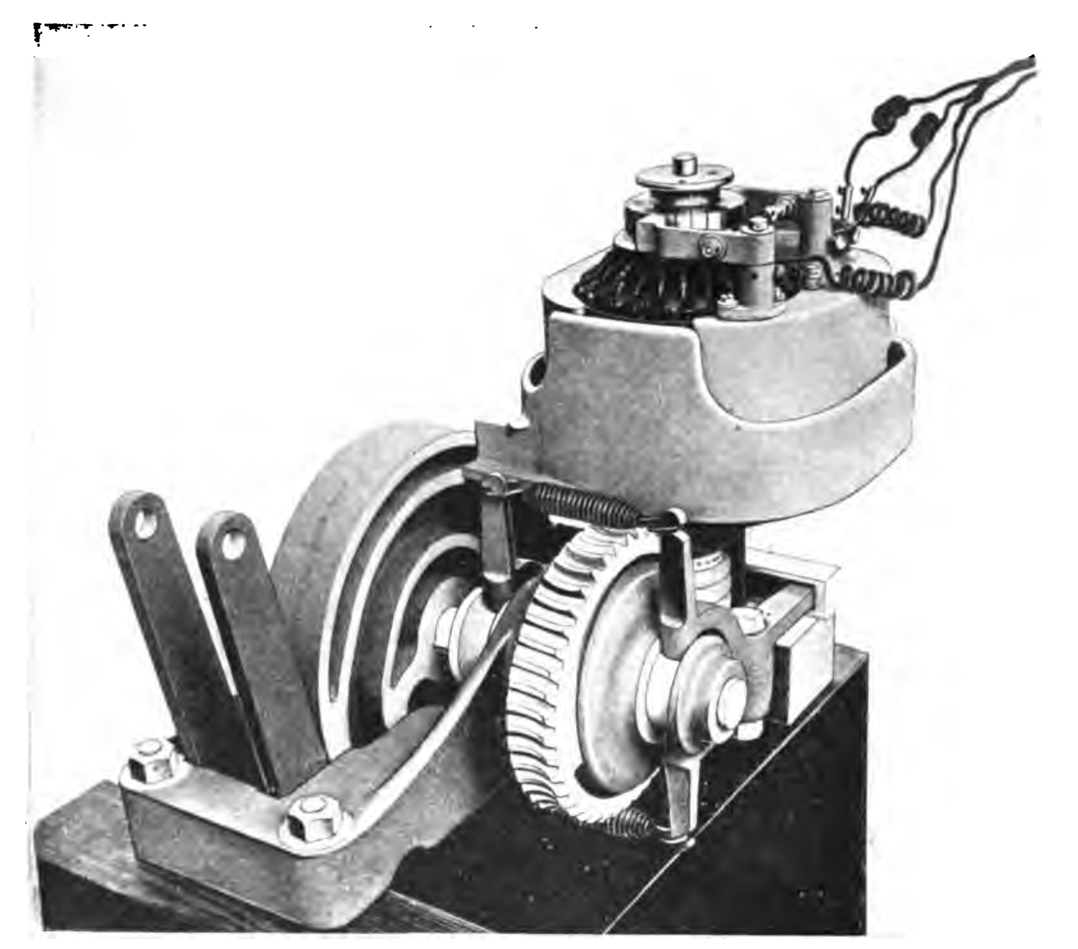


Fig. 97.

b) Signalstellung.

Für die Signale werden die Timmis-Antriebe mit Hubmagneten (vgl. S. 345) verwendet.

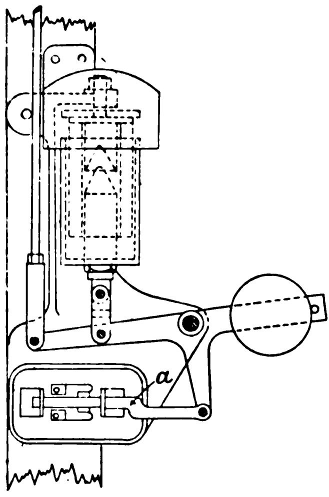


Fig. 98.

Die Elektromagnete der Signale erhalten zum Ziehen der Signalflügel über einen Schalter am Signalstellhebel Strom zugeführt, der den Flügel in der Fahrtstellung hält. Der Signalstrom wird über Zungenkontakte der spitz befahrenen Weiche geführt. Zur Verringerung des Stromverbrauches wird nach Erreichen der Fahrtstellung durch einen Schalter am Signal ein Widerstand in den Stromkreis eingeschaltet. Zum Stellen des Signalflügels werden 15 Ampere bei 100 V. verbraucht, die durch Einschalten eines Widerstandes auf 2 Ampere verringert werden, was zum Festhalten des Signalflügels genügt. Auch für die

Fig. 99 a

Fig. 99 b.

Signalstellung sind also ganz ungewöhnlich große Energiemengen bei dem System erforderlich.

Der Signalmagnet ist in Fig. 98 abgebildet. *a* ist der Ausschaltkontakt.

c) Stellwerkschalter.

Im Stellwerk sind die mechanischen Teile von den elektrischen ganz getrennt angeordnet. Die Stellhebel sind für sich allein in einem Gestell, das auf dem Fußboden des Bedienungsraumes im Stellwerkgebäude aufgestellt ist, zusammengefaßt (Fig. 99 a). Sie sind in zwei Reihen übereinander angeordnet. In den einzelnen Reihen stehen die Hebel etwa 90 mm voneinander entfernt, so daß in der Längsrichtung des Stellwerkes für den Hebel ein Raum von nur etwa 45 mm beansprucht wird. In dem unteren Stockwerk des Stellwerkgebäudes ist ein zweites Gestell mit den Stellwerkverschlüssen und den Schaltern aufgestellt (Fig. 99 b). Es enthält in seinem oberen Teile zunächst mehrere Verschlußkästen *cc* übereinander, in welchen die Stellwerkverschlüsse untergebracht sind. Die gegenseitigen Verschlüsse werden in der üblichen Form durch Längs- und Querschieber hergestellt (tappet locking) vgl. Fig. 79. Die Stellhebel *a* sind mit den Querschiebern durch die Stangen *b* verbunden. Unterhalb der Schieberkästen befinden sich die elektrischen Schalter und Verschlüsse. Als Kontakte (*a* bis *l*) sind Kohlekontakte von großen Abmessungen gewählt. Es ist auf leichte Auswechselbarkeit aller Teile gesehen.

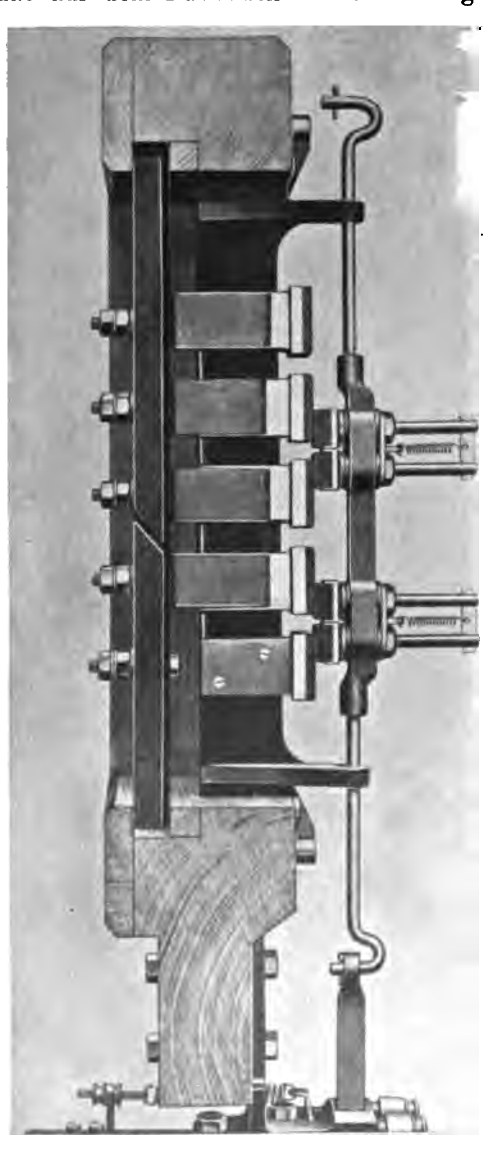


Fig. 100.

Die feststehenden Kontaktstücke (*g* bis *l*) sind durch leicht lösbare Steckkontakte mit den Klemmen, an welchen die Leitungen angeschlossen sind, verbunden. Die beweglichen Kontaktstücke (*e f*) können ebenfalls leicht abgehoben werden, da die Stange *d* in das von dem Stellhebel nach abwärts führende Gestänge nur lose eingehängt ist. Die Kohlen dieser Kontaktteile

werden durch Federn gegen die feststehenden Kontaktteile gepreßt. Die Einzelheiten der Kontakte sind aus Fig. 100 ersichtlich.

Die Überwachungsmagnete mit den Sperren für die Stellhebel (check locks) liegen unter den Kontakten. Beim Umlegen eines Stellhebels wird die mit ihm verbundene Stange *m* (Fig. 99 b) nach etwa $^3/_4$ des Stell-

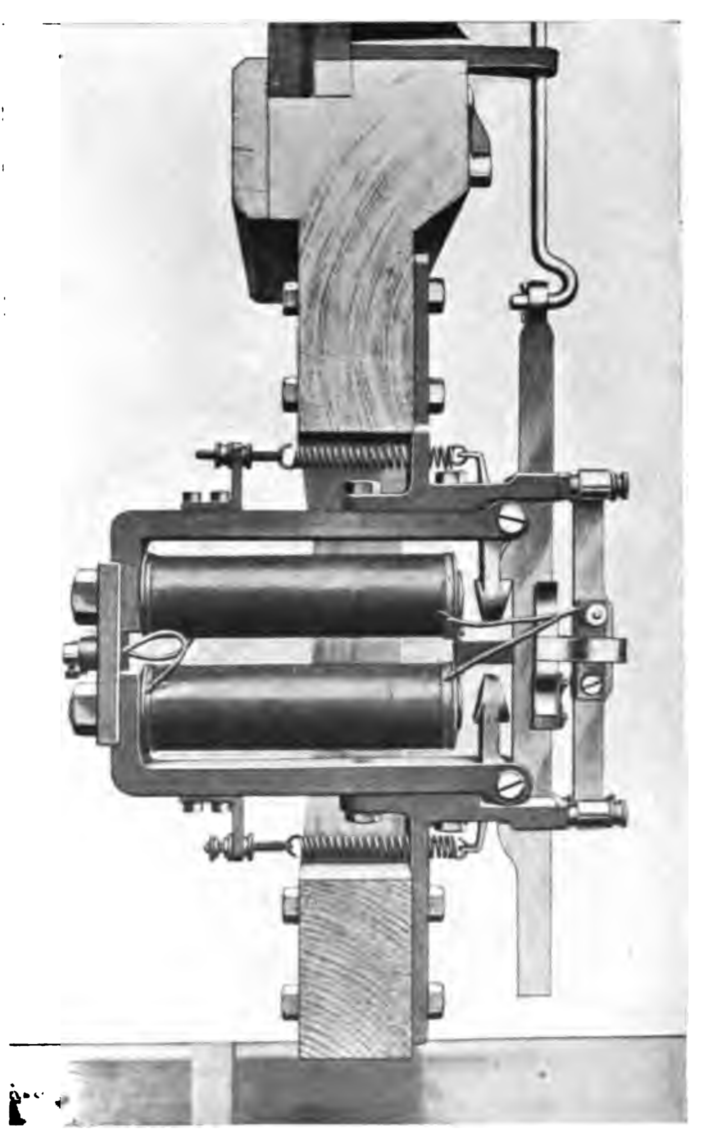


Fig. 101.

weges dadurch festgehalten, daß sich die an ihm befindliche Nase n_2 gegen den Anker p_2 des Elektromagneten o_2 legt. In dieser Lage überbrückt Kontakt *f* die Kontakte *k j* und Kontakt *e* die Kontakte *h g*, wodurch der Arbeitstrom geschlossen wird. Erst wenn durch den Magneten o_2 nach erfolgter Umstellung der Weiche der Überwachungstrom gesendet und dadurch der Anker p_2 angezogen wird, kann der Hebel in seine Endlage gebracht werden. In dieser Lage liegt Kontakt *f* auf *j* und Kontakt *e* auf *g*. Die

Laufleitungen sind unterbrochen. Beim Zurücklegen des Hebels geschieht die Sperrung nach dem ersten Abschnitt der Bewegung durch den Magneten o_1 mit seinem Anker p_1 und der Nase n_1 an der Stange m.

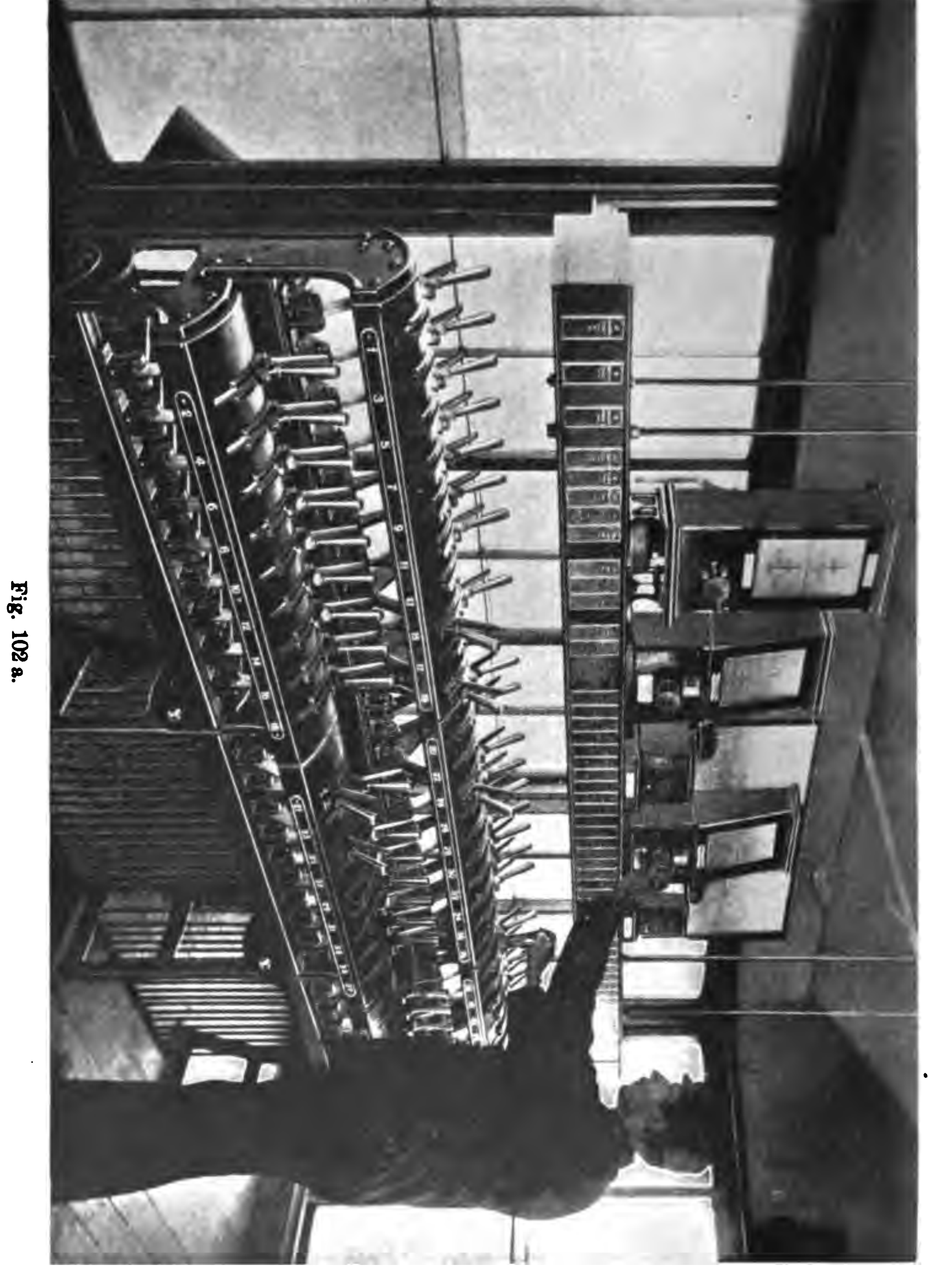


Fig. 102 a.

Die Einzelheiten der Sperre sind aus Fig. 101 deutlicher erkennbar. Die ganze Höhe des Stellwerkes beträgt etwa 3·3 m.

Die Gesamtanordnung eines Stellwerkes zeigen Fig. 102 a und b, von denen die erste den oberen, die zweite den unteren Teil darstellen.

Die Leitungen zu den Motoren werden in Kabeln verlegt, welche im allgemeinen in hölzerne Kanäle eingelegt werden. Die Kanäle werden mit Pech ausgegossen.



Fig. 102 b.

Das Crewe-System kann als ein Fortschritt in der Ausbildung elektrischer Stellwerke nicht angesehen werden. Die hohen Stromstärken zum Antrieb der Motoren (20 Ampere) verlangen große Leitungsquerschnitte und besonders sorgfältige Ausbildung der Kontakte. Die Umstellungsdauer von

3 Sekunden für Weichen ist für ein System mit Bewegung der Hebel in 2 Abschnitten verhältnismäßig groß. Der Mangel an einer selbsttätigen Abschaltung oder Bremsung der Motoren ist nicht unbedenklich, da bei unvorsichtiger Handhabung der Motor unnötig lange unter Strom stehen bleiben kann. Das Fehlen jeder Überwachung der Signalstellung ist fehlerhaft. Die Konstruktionen im Stellwerk nehmen viel Raum in Anspruch. Die Zahl der Leitungen zu den Weichen (6) ist groß.

F. Französische Systeme.

1. Nordbahn-System.

Als erster Versuch elektrischer Weichenstellung in Europa mag der Weichenantrieb der französischen Nordbahngesellschaft aus dem Jahre 1887 nachstehend beschrieben werden. Zur Bewegung der Weichenzungen wird ein kleiner Motor *A* (Fig. 103) von etwa $1^1/_2$ PS ver-

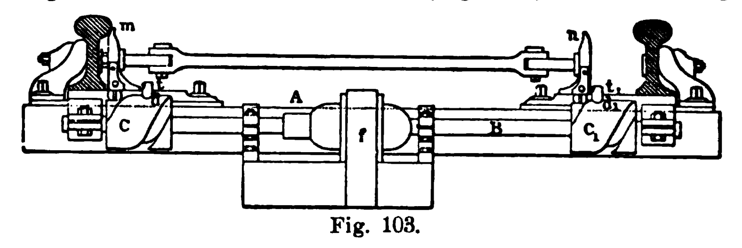


Fig. 103.

wendet, welcher zwischen den Gleisschienen auf einer hölzernen Unterlage angeordnet ist. Die Ankerachse *B* des Motors ist nach beiden Seiten bis unter die Füße der Mutterschienen verlängert und trägt an beiden Enden je einen Cylinder C C_1, auf welchem ein Schraubengang eingeschnitten ist. In diesen Schraubengang greifen Zapfen an den unteren Flächen der Weichenzungen *n m* ein. Bei einer Drehung des Motors werden dadurch die Weichenzungen parallel verschoben. In den Endlagen werden sie durch Knaggen t t_1 auf den Cylindern c e_1 verriegelt. Der Motor verbraucht für eine Weichenumstellung bei 60 V. 25 Ampere und macht dabei 480 Umdrehungen in der Minute. Der Antrieb ist aus dem Versuchszustand nicht herausgekommen und nicht weiter durchgebildet worden. Er zeigt die Unvollkommenheiten einer ersten Ausführung in jeder Beziehung. Die später nicht wiederholte Anordnung, alle Antriebteile zwischen den Schienen des Gleises zu verlegen, ist zu verwerfen, da sie an dieser Stelle Beschädigungen am leichtesten ausgesetzt sind und ihre Unterhaltung am schwierigsten ist.

2. Ducousso-Rodary-System.

Seit dem Jahre 1898 sind in Frankreich auf einigen Bahnhöfen der Paris-Lyon-Méditerranée Bahn elektrische Stellwerkanlagen nach dem System Ducousso-Rodary in Betrieb genommen. Es ist ein System mit zweistufiger Hebelbewegung und mit ständiger Überwachung der Endlagen der Antriebe.

a) Weichenstellung.

Die Anschaltung des Weichenmotors geschieht im ersten Bewegungsabschnitt des Stellhebels, die Abschaltung im zweiten durch einen doppelten

Hebelschalter im Stellwerk, welcher die Laufleitungen an- und abschaltet. Für die Umkehr der Drehrichtung des Motors ist ein zweiter doppelter Hebelschalter im Stellwerk und ein elektromagnetischer Umschalter im Weichenantrieb vorhanden. Diese beiden arbeiten so miteinander, daß die durch den Motoranker geführten Ströme stets in der gleichen Richtung fließen, während die Stromrichtung in der Schenkelwicklung nach Beendigung des Stellweges und erneutem Umlegen des Stellhebels jedesmal gewechselt wird. Das Stillsetzen des Motors geschieht durch Kurzschlußbremsung.

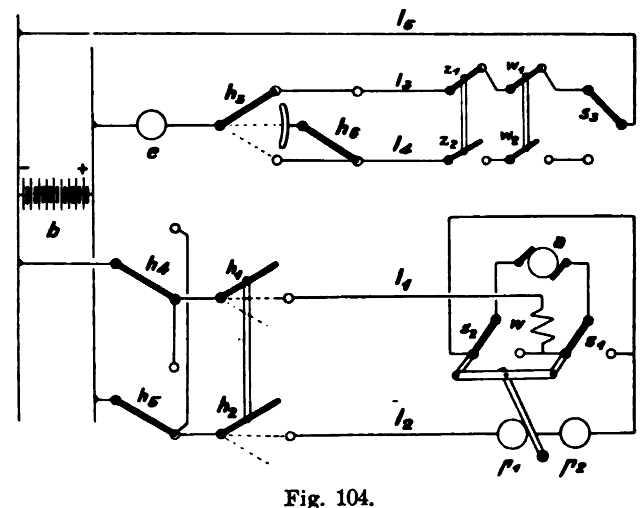


Fig. 104.

Die Schaltung ist im wesentlichen in der Fig. 104 dargestellt. Um ein anschauliches Bild zu geben war es notwendig, die Motorschaltung und die Überwachungsschaltung getrennt darzustellen.

h_1 h_2 h_3 sind die Hebelschalter, welche im ersten Abschnitt des Hebelweges allein bewegt werden, h_4 h_5 h_6 die Hebelschalter, welche im zweiten Abschnitt mit den erstgenannten mitgenommen werden. p_1 p_2 ist der Magnetschalter im Antrieb — ein polarisiertes Relais —, welcher die Steuerschalter s_1 s_2 s_3 steuert. z_1 z_2 und w_1 w_2 sind Kontakte, deren Lage von derjenigen der Weichenzungen und des Antriebes abhängen, e ist der Überwachungsmagnet.

In der Ruhestellung fließt ein Überwachungstrom $+ b\, e\, h_3\, l_3\, z_1\, w_1\, s_3\, l_5 - b$, während die Laufleitungen durch die Hebelschalter h_1 h_2 offen gehalten werden. Soll der Motor die Weiche umstellen, so wird der Stellhebel umgelegt, bis die Schalter h_1 h_2 h_3 in ihrer Mittellage liegen (erster Bewegungsabschnitt). In dieser Lage ist der durch die Leitung l_3 fließende Überwachungstrom bei h_3 unterbrochen und die Laufleitungen sind geschlossen. Es fließt der Strom $+ b\, h_5\, h_2\, l_2\, p_1\, p_2\, s_2\, a\, s_1\, w\, l_1\, h_1\, h_4 - b$. Er durchläuft sowohl den Anker, wie die Schenkelwicklung eine kurze Zeit in umgekehrter Richtung, wie er sie zur Erreichung der augenblicklichen Endlage bei der vorhergehenden Umstellung durchlaufen hat. Der Motor bleibt aber still stehen, da seine Schenkelwicklung kurz geschlossen ist. (Der Kurzschluß ist der Übersichtlichkeit wegen in die Schaltung nicht mit eingetragen.) Dagegen schaltet der Magnetschalter p_1 p_2 infolge der Stromsendung die Steuerkontakte s_1 s_2 s_3 um. Der Kurzschluß des Motors wird dadurch aufgehoben und es entsteht der Stromkreis $+ b\, h_5\, h_2\, l_2\, p_1\, p_2\, s_1\, a\, s_2\, w\, l_1\, h_1\, h_4 - b$. Der Motor läuft, stellt die Weiche um und wird dann wieder durch Kurzschließen seiner Schenkelwicklung elektrisch gebremst.

Infolge Umstellung der Weiche sind die Weichenkontakte z_1 und w_1 geöffnet und z_2 und w_2 geschlossen und über die Leitung l_4 ein neuer Überwachungstromkreis $+ b\, e\, h_3\, h_6\, l_4\, z_2\, w_2\, s_3\, l_5 - b$ gebildet, welcher in bekannter Weise die Sperre zwischen dem ersten und zweiten Bewegungsabschnitt des

Stellhebels beseitigt und den Hebel zur Weiterbewegung freigibt. Wird der Hebel weiter umgelegt, so werden zunächst durch die Schalter h_1 und h_2 die Laufleitungen geöffnet und der Schalter h_3 unmittelbar auf die Überwachungsleitung l_4 geschaltet. Alsdann wird die Stellung der Schalter h_4 h_5 h_6 gewechselt.

Beim Zurücklegen des Stellhebels, um die Weiche wieder zurückzustellen, fließt der Arbeitstrom in umgekehrter Richtung durch die Leitungen und den Magnetschalter, da die Schalter h_1 h_2 nunmehr an die anderen Pole der Stromquelle infolge Wechselns der Stellung der Schalter h_4 h_5 anliegen.

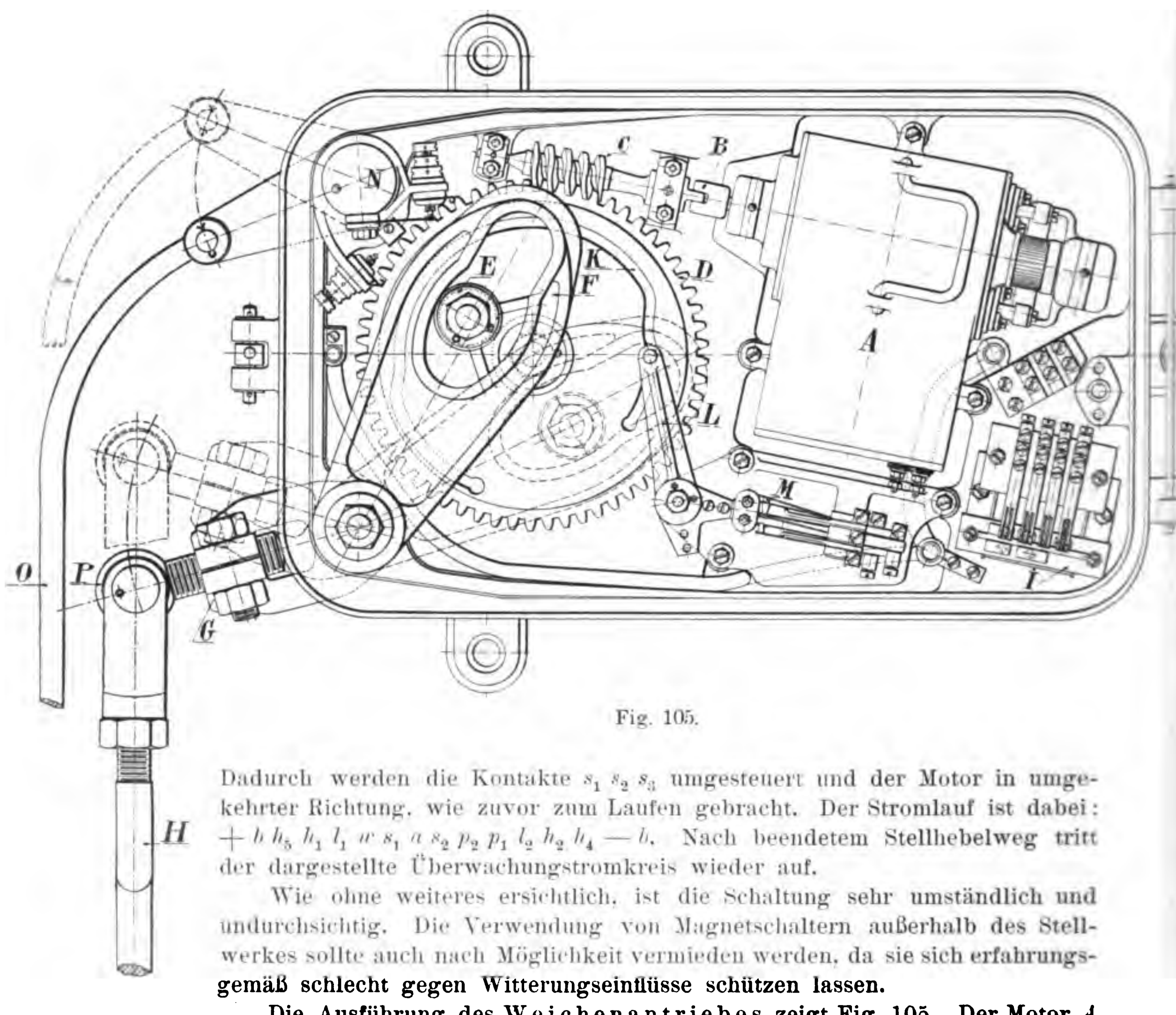


Fig. 105.

Dadurch werden die Kontakte s_1 s_2 s_3 umgesteuert und der Motor in umgekehrter Richtung, wie zuvor zum Laufen gebracht. Der Stromlauf ist dabei: $+ b\, h_5\, h_1\, l_1\, w\, s_1\, a\, s_2\, p_2\, p_1\, l_2\, h_2\, h_4 - b$. Nach beendetem Stellhebelweg tritt der dargestellte Überwachungstromkreis wieder auf.

Wie ohne weiteres ersichtlich, ist die Schaltung sehr umständlich und undurchsichtig. Die Verwendung von Magnetschaltern außerhalb des Stellwerkes sollte auch nach Möglichkeit vermieden werden, da sie sich erfahrungsgemäß schlecht gegen Witterungseinflüsse schützen lassen.

Die Ausführung des W e i c h e n a n t r i e b e s zeigt Fig. 105. Der Motor A treibt ein Schneckengetriebe CD an. Auf dem Schneckenrade D sitzt der Zapfen E, welcher in eine Hubkurve des Hebels F eingreift. Auf der gleichen Drehachse wie F sitzt der Hebel G, an welchem die nach den Weichenzungen führende Antriebstange H angeschlossen ist. Bei einer Drehung des Rades D läuft der Zapfen E zunächst in der Hubkurve ohne den Hebel F zu bewegen. Es ist dies der E n t r i e g e l u n g s w e g. Alsdann legt er sich

gegen den einen Rand der Kurve und bewegt die Hebel *F* und *G*, wodurch die Stange *H* verstellt wird. — Stellweg —.

Bei der Weiterbewegung bleibt der Hebel *F* liegen und der Zapfen *E* verriegelt ihn — Verriegelungsweg —. Nachdem *E* einen Weg von etwa 270° gemacht hat, wird der Motor durch Kurzschlußbremsung festgesetzt. Zur Erzielung dieses Kurzschlusses steuert das Rad *D* durch eine Kurve *K* den Schalthebel *L*, der auf die Kontakte *M* einwirkt. In den Endlagen des Antriebes sind die Kontakte geschlossen, während des Entriegelungs- und des Verriegelungsweges werden sie geöffnet und bleiben während des Stellweges offen. *L* steuert noch eine zweite Reihe Kontakte *M*, durch welche die Endlagen des Antriebes überwacht werden (w_1 w_2 der Schaltung Fig. 104). Die Stange *O* führt zu den Weichenzungen und bewegt den Zungenkontaktschließer *N*.

In dem gußeisernen Gehäuse, in welchem der Motor und die Antriebteile untergebracht sind, befindet sich noch der Magnetschalter *J*.

Um den Antrieb aufschneidbar zu machen wird zwischen Antrieb und Weichenzunge eine kräftige Feder, die sogenannte Perdrizetfeder, eingeschaltet, welche beim Aufschneiden eine Bewegung der Zungen ohne Bewegung des Antriebes gestattet. Die Kontakte *M* werden dabei geöffnet und der Überwachungstrom unterbrochen. Diese Art und Weise eine Weiche aufschneidbar zu machen ist wenig empfehlenswert. Nach erfolgter Aufschneidung durch eine Fahrzeugachse bleibt die Feder gespannt und sucht die Weichenzungen wieder in die Stellung, in welcher sie vor der Aufschneidung lagen, zurückzuführen. Sie sucht also ständig die Radflansche festzuklemmen oder aus dem Gleis zu heben. Hat ein Zug die Weiche aufgeschnitten und drückt dann der Lokomotivführer, weil er seine Einfahrt in eine falsche Fahrstraße bemerkt hat, den Zug zurück, bevor alle Achsen die Weiche durchfahren haben, so kann sehr leicht dadurch eine Entgleisung oder Zerreißung des Zuges veranlaßt werden. Die Feder kann nämlich inzwischen die Weichenzungen ganz oder teilweise zurückgestellt haben. Es wird dann, während der hintere Teil des Zuges noch in der falschen Fahrstraße steht, der vordere Teil in die richtige Fahrstraße geschoben.

Der Weichenmotor ist ein Hauptstrommotor, welcher bei einer Umstellung etwas über zwei Ampere bei 110 Volt Spannung verbraucht. Er leistet im Höchstfalle $^1/_2$ PS.

b) Signalschaltung.

Die Stellung der Signale erfolgt durch Motorantriebe. Der Motor bringt das Signal in die Fahrtstellung, in welcher es durch eine elektromagnetische Kupplung gehalten wird. Nach Unterbrechung des Kuppelstromes wird das Signal durch ein Gewicht in die Haltstellung gezogen. Dabei wird der Motoranker wieder in seine Grundstellung zurückgebracht. Der dabei erzeugte Strom dient zur Rückmeldung und Aufhebung der Sperre am Signalhebel, welche ein vollständiges Zurücklegen des Hebels und Freigabe der Weichenhebel bis nach erfolgter Haltstellung des Signals verhindert.

Als Signale werden Wendescheibensignale, bei denen eine viereckige Scheibe um eine senkrechte Achse gedreht wird, verwendet (Fig. 106).

Der **Signalantrieb** (Fig. 107) besteht aus dem Motor *A*, welcher ein Schneckengetriebe antreibt, von welchem nur das Schneckenrad *E* im Schnitt sichtbar ist. Mit dem Schneckenrad fest verbunden ist eine elektromagnetische Kupplung bestehend aus dem geschlossenen Elektromagneten *D* und dessen Anker *F*, welch letzterer für sich lose drehbar auf der Achse *C* gelagert ist. Mit dem Anker verbunden ist ein Trieb *G*, welches in einen Zahnradbogen *H* eingreift. Mit *H* fest auf einer Achse *B* sitzt eine Antriebkurbel *J*. An sie greift eine Stellstange *I* an und dreht die Signalstange mit der Signalscheibe.



Fig. 106.

In der gezeichneten Stellung befindet sich das Signal in der Fahrtstellung. Der Motor ist stromlos, da die Laufleitung durch einen von der Achse *B* gesteuerten Schalter *L* unterbrochen ist. Ein an einer Kette angreifendes Gewicht (siehe Fig. 106) sucht die Signalscheibe auf Halt zu stellen, vermag dies aber nicht, solange der Elektromagnet *D* erregt ist und seinen Anker *F* festhält, da ein Rückdrehen des Motors durch die eingängige Schnecke des Getriebes verhindert ist. Wird aber der durch *D* fließende Kuppelstrom unterbrochen, so dreht das Gewicht das Zahngetriebe *H G* und den Anker *F* in der Richtung der eingezeichneten Pfeile in die Haltlage. Hierbei wird der Kontakt *L* wieder geschlossen. Wird dem Motor von neuem Strom zugeführt, so läuft er in demselben Drehsinne, wie vorher, um und stellt bei vorhandenem Kuppelstrom das Signal wieder auf Fahrt. Eine Umkehr der Motordrehung ist also nicht erforderlich. Zwischen dem Kuppelmagneten und seinem Anker ist ein laufendes Klinkengesperre mit der Klinke *M* eingeschaltet, welches eine Bewegung des Ankers der Kupplung gegen den Magneten nur in einer Richtung gestattet und zwar nach der Haltlage des Signals zu. Die Möglichkeit, das Signal auf Fahrt zu stellen, ohne daß der Motor läuft, ist dadurch ausgeschlossen.

In der Haltstellung des Signales ist der Signalkontakt *K* geschlossen, über den der Rückmeldestrom nach dem Stellwerk geführt wird.

Der **Signalmotor** verbraucht im Durchschnitt zu einer Signalstellung

bei 110 V. 0·7 Ampere während 3 Sekunden. Seine größte Leistung beträgt etwa $^1/_8$ PS. Der Festhaltestrom in der Kupplung beträgt 0·045 Ampere.

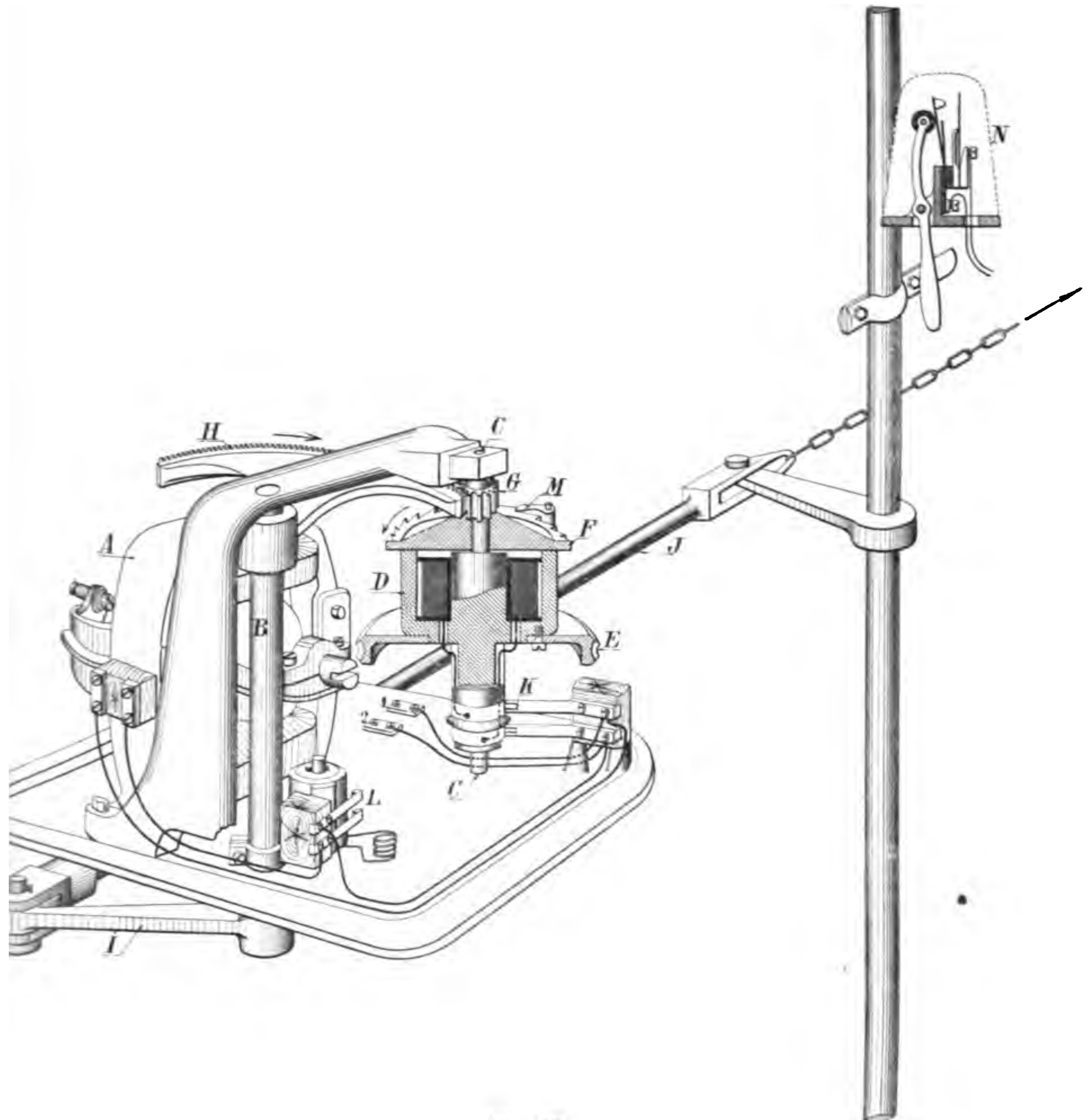


Fig. 107.

Für die Erzeugung des Stroms zum Stellen und Überwachen der Anlage dienen Akkumulatoren. Die übliche Spannung ist 110 V. Der Verbrauch an Ladestrom beträgt täglich im Durchschnitt für jeden Motor 0·3 KW.-Stunden.

Die Leitungen zu den Motoren sind in Kabeln vereinigt. Zu jeder Weiche führen 5 Leitungen, zu jedem Signal 3. Die Kabel liegen in Holz-

kanälen oder werden auch unmittelbar in der Erde verlegt und durch Drahtgitter geschützt.

3. Bleynie-System.

Unter Benutzung des Systems DUCOUSSO & RODARY ist von BLEYNIE ein System für elektrische Weichen- und Signalstellung ausgearbeitet und ausgeführt worden, bei dem von der Anordnung einzelner Stellhebel für Weichen und Signale abgesehen und nur für jede Fahrstraße ein einziger Hebel, mit welchem sämtliche zu der Fahrstraße gehörigen Weichen und Signale gestellt werden, vorgesehen ist.

Beim Umlegen des Hebels werden in dem ersten Teil seines Weges die Weichen gleichzeitig in die richtige Lage gebracht. Haben sämtliche Weichen ihren ordnungsmäßigen Zustand zurückgemeldet, so kann der zweite Teil des Hebelweges zurückgelegt werden, wobei die Signale auf Fahrt gestellt werden. Das Zurücklegen des Hebels geht ebenfalls in zwei Abschnitten vor sich. In dem ersten werden durch Stromunterbrechung die Signale in die Haltlage überführt, worauf bei Rückmeldung dieses Zustandes eine Sperre am Hebel beseitigt wird und in dem zweiten werden die Weichen wieder in ihre Grundstellung zurückgeführt.

Die Ausbildung dieses Systems beruht auf dem Bestreben, die Zahl der Handhabungen, welche der Wärter für eine Zugfahrt zu machen hat, auf das geringste Maß zu beschränken. Er soll für jede Zugfahrt stets nur einen Hebel umlegen. Die Bedienung des Stellwerkes ist also eine sehr einfache und schnelle.

Dieser Vorteil kann aber überhaupt nur da zur Geltung kommen, wo alle auf dem Bahnhof vorkommenden Bewegungen von Fahrzeugen, also auch die Verschubbewegungen, in genau ein- für allemal festgelegten Fahrstraßen vor sich gehen. In diesem Falle brauchen die Weichen nicht einzeln bedienbar zu sein. Ein derartiger Zustand ist aber auf einem Bahnhofe mit auch nur einigermaßen starkem Verkehr nicht denkbar. Es wird in mehr oder weniger großem Umfange erforderlich sein, in dem Fahrprogramm nicht vorgesehene Fahrten vorzunehmen und einzelne Weichen für sich allein zu bedienen. Es sind daher auch Schalter zur Einzelbedienung der Weichen und Signale vorzusehen, die betriebssicher gebaut, die Einfachheit des Systems aufheben und bei mißbräuchlicher Benutzung, die sich kaum wird ausschließen lassen, die Sicherheit gefährden.

BLEYNIE benutzt dafür einen einfachen Stöpselkontakt, welcher die Weichenmotore unmittelbar an die beiden Pole der Kraftquelle anschließt, ein zwar sehr einfaches, aber mit Rücksicht auf die mangelnde Betriebssicherheit unzulässiges Hilfsmittel. Der angestrebte Vorteil der schnelleren Bedienung fällt überdies gegenüber denjenigen Systemen nicht ins Gewicht, bei denen der ganze Hebelweg zum Umstellen der Weichen auf einmal gemacht wird (vgl. Abschn. III C), da die Bedienungszeit hierbei zum Einstellen einer Fahrstraße an und für sich schon äußerst gering ist. Bei dem SIEMENS-System lassen sich beispielweise 20 Hebel bei einiger Übung in etwa 20 Sek. umlegen.

Bei den Ausführungen ist BLEYNIE selbst von dem Grundsatze: eine Fahrstraße — ein Hebel abgegangen und hat Zwischenhebel vorgesehen, welche unmittelbar auf die Signale wirken. Es werden dann mit

den Fahrstraßenstellhebeln nur die Weichen umgestellt und verschlossen und die Signalstellung vorbereitet. Durch die Zwischenhebel werden aber erst die Signale gestellt. Diese Anordnung ist zunächst im Interesse der Vereinfachung des Stellwerkes für diejenigen Fahrstraßen getroffen, welche von 2 Richtungen befahren werden, bei welcher also 2 verschiedene Signale von der gleichen Weichenstellung abhängen. Der Zwischenhebel wählt dann, nachdem die Fahrstraße eingestellt ist, das betreffende Signal aus. Er hat noch weiter den Zweck, das Signal hinter dem Zuge einschlagen zu können, ohne dadurch den Verschluß der Fahrstraße aufzuheben. Er wird daher auch für Fahrstraßen, die nur in einer Richtung befahren werden, verwendet. Er wird ferner dazu benutzt, um die Abhängigkeit von zusammen arbeitenden Signalen, die nur in einer bestimmten Reihenfolge gestellt werden dürfen (z. B. Haupt- und Vorsignal), herzustellen. In diesen Fällen ist der Zwischenhebel ein vollständiger Signalhebel geworden, der für jede Zugfahrt benutzt wird. Für Gruppen feindlicher Fahrstraßen ist durch geeignete Ausbildung der Zwischenhebel und ihrer Verbindung mit den Fahrstraßenstellhebeln für einige Ausführungen die Zahl der letzteren für jede Gruppe auf einen beschränkt. Umgekehrt läßt sich natürlich auch, wie bei anderen Systemen, in diesen Fällen mit einem Zwischenhebel (Signalhebel) auskommen, wenn die genügende Anzahl Fahrstraßenhebel vorhanden ist.

a) Stellhebel.

Als Fahrstraßenstellhebel (Fig. 108, 109) werden die Weichenhebel des Ducousso-Rodary-Systems benutzt, welche nur bezüglich der Kontakte, zum Anschalten der Arbeit- und Überwachungsströme geändert sind. Der Stellhebel A treibt über ein Kegelrädergetriebe e zwei Kontaktwalzen EE^1 an, auf welche ähnlich den Fahrschaltern von Motorwagen Kontaktklötze aufgesetzt sind, gegen welche feststehende Kontaktfedern schleifen. Die untere Walze E^1 dient zur Anschaltung der Arbeitströme (h_1 h_2 der Schaltung Fig. 104). Die obere Walze E schaltet die Überwachungsmagnete an den Fahrstraßenstellhebeln an (h_3 der Schaltung) und stellt die Abhängigkeiten zwischen den Weichen und Signalen her.

B ist der Überwachungsmagnet, dessen Anker mit einem Riegel C verbunden ist. Bei abgefallenem Anker liegt der Riegel in dem Weg eines Ansatzes b an dem Stellhebel A und verhindert nach etwa $^2/_3$ des Hebelweges eine Weiterbewegung des Hebels (Fig. 109). Zur Prüfung, ob der Magnetanker nicht etwa klebt, dient ein Knaggen b_1 am Stellhebel, welcher nur bei hochstehendem Riegel C, also nur bei abgefallenem Anker, im Beginn des Hebelweges durch einen Ausschnitt im Riegel hindurchtreten kann. Um diese Prüfung noch wirksamer zu machen, drückt zunächst noch der Knaggen b_2 den Riegel nach abwärts und den Anker gegen die Polschuhe des Überwachungsmagneten und schiebt ihn in den Weg des Knaggens b_1. Der Riegel muß wieder hoch gehen, der Magnet also seinen Anker wieder loslassen, damit der Hebelweg fortgesetzt werden kann. Ein Kleben des Ankers muß auf diese Weise die Anschaltung der Arbeitströme mit Sicherheit verhindern. Die Kontakte ff_1 (h_4 h_5 h_6 der Schaltung), durch welche die an den Laufleitungen anliegenden Pole der Stromquelle vertauscht werden, werden durch den Mitnehmer D gesteuert. Der Mitnehmer wird jedesmal kurz vor

Beendigung des Hebelweges durch die auf dem Stellhebel sitzenden Klinken c oder c_1 umgelegt. Auf einer mit dem Mitnehmerhebel verbundenen Stange sitzt eine Feder d_2, welche gewöhnlich durch die Klinkenhebel c_3 und c_4 gespannt gehalten wird. Unterhalb der Kontakte des Schalters ist ein elektromagnetischer Funkenlöscher d angeordnet.

Wird nach dem ersten Bewegungsabschnitt der Stellhebel zurückgelegt, so drückt eine der Klinken c oder c_1 den oberen Arm des Hebels c_3 oder c_4 beiseite. Hierdurch wird die Feder d_2 nach oben oder unten freigegeben und schaltet die Schalter ff_1 mit dem Mitnehmerhebel um. Infolgedessen tritt die Polumschaltung ein, ohne daß der Stellhebel umgelegt ist. Bei erneutem Umlegen des Hebels fließt daher der Arbeitstrom in umgekehrter Richtung und holt die Antriebe in die Anfangstellung zurück. Die Weichen können also, ohne daß sie ihre Endlage erreicht haben, zurückgeholt werden. Wird dann der Stellhebel wieder in die Anfangstellung zurückgelegt, so wird von neuem die Feder gespannt und durch die Klinkenhebel festgehalten. Der Mitnehmer D wird in seine Ausgangstellung zurückgebracht.

Die Beeinflussung der Sperrmagnete durch die Lage der Weichen und Signale geschieht nicht unmittelbar, wie bei den Ausführungen von Ducousso & Rodary durch Kontakte in den Weichen- und Signalantrieben, sondern unter Vermittlung von Magnetschaltern FF_1 für die Weichen und G für die Signale, welche in dem Stellwerk eingebaut sind. Die Fahrstraßenstellhebel sind untereinander in bekannter Weise durch Stellwerkverschlüsse in einem senkrecht angeordneten Verschlußkasten durch Stangen a, welche an den Stellhebeln angreifen, in Abhängigkeit gebracht.

Die Zwischen- oder Signalhebel K sind in dem Stellwerke oberhalb der Fahrstraßenstellhebel untergebracht. Sie bestehen aus einer Kontaktwalze mit einem aus dem Stellwerkgehäuse herausragenden Knebel und sind für den Fall, daß sie zur Stellung mehrerer voneinander abhängiger Signale dienen, mit einer elektrischen Sperre ausgerüstet.

Die Handhabung der Fahrstraßenstellhebel A ist nach Obigem die folgende. Beim Umlegen des Hebels drückt zunächst sein Ansatz b_2 den mit dem Anker des Elektromagenten B gehenden Riegel C nach abwärts und überprüft den ordnungsmäßigen Zustand des Magneten.

Bei seiner Weiterbewegung stößt er mit seinem Ansatz b gegen den Riegel. In dieser Stellung sind die Weichenmotore und die Überwachungströme angeschaltet. Nach Eingang der Rückmeldung von den Weichen wird der Riegel C von dem Magneten B aus der Bahn des Hebels entfernt und darauf der Hebel bis zu Ende bewegt. Dabei erfolgt die Anschaltung der Signalströme an den Signalhebel. Beim Zurücklegen findet der Ansatz b des Hebels an dem Riegel C eine Sperrung bis die Rückmeldung von der Haltstellung der Signale eintrifft, und kann dann soweit zurückbewegt werden, daß die Weichenmotore zum Rücklauf in ihre Grundstellung angeschaltet sind. Nach Eintreffen der Meldung von der erfolgten Rückstellung kann der Hebel in die Grundstellung zurückgeführt werden.

b) Schaltung.

In Fig. 109 ist die Schaltung für eine Fahrstraße von Gleis 1 in Gleis 3 mit den Weichen a_1 a_2 a_3 und dem Signal SC_1 mit seinem Vorsignal D_1 zusammengestellt. D ist der Mitnehmer zum Wechseln der

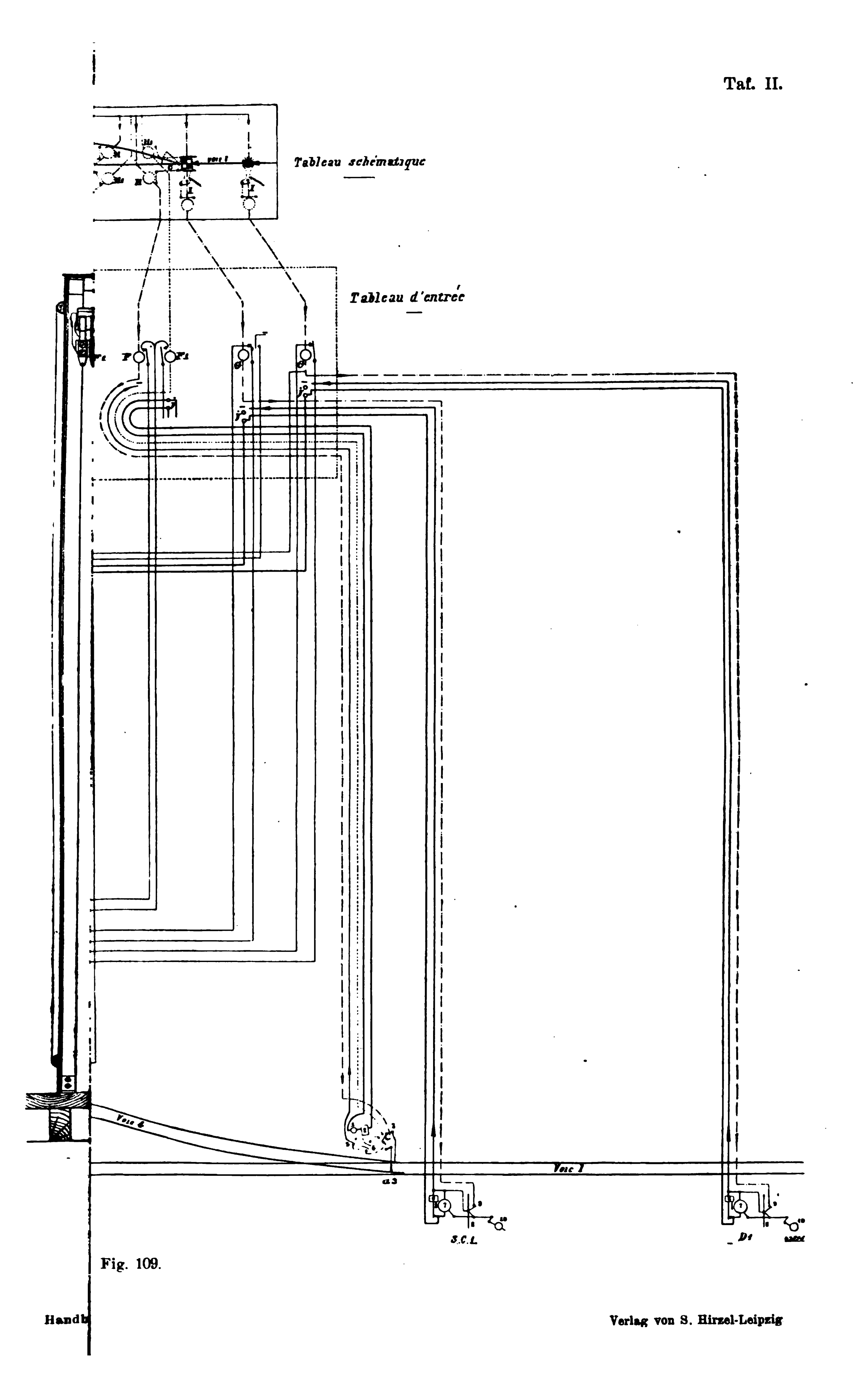


Fig. 109.

Verlag von S. Hirzel-Leipzig

Batteriepole, *d* der Funkenlöscher. Der Signalhebel *K* kann durch den Sperrmagneten *k* festgehalten werden. *J* ist ein Stöpselkontakt, mit dessen Hilfe die Weichen und Signale einzeln gestellt werden. Es geschieht dies dadurch, daß der Stöpsel in ein Paar der mit *j* bezeichneten Löcher gesteckt wird, wodurch der eine Motor unmittelbar zwischen die beiden Polschienen der Kraftquelle geschaltet wird.

Oberhalb des Stellwerkes ist ein Kasten aufgehängt, in welchem sich Nachahmer für die Stellung der Signale (*J*) und Weichen (*H* H_1) befinden. Die Farbscheiben dieser Nachahmer sind so ausgebildet, daß sie unmittelbar ein Bild der Signalstellung und der Lage der Weichenzungen geben.

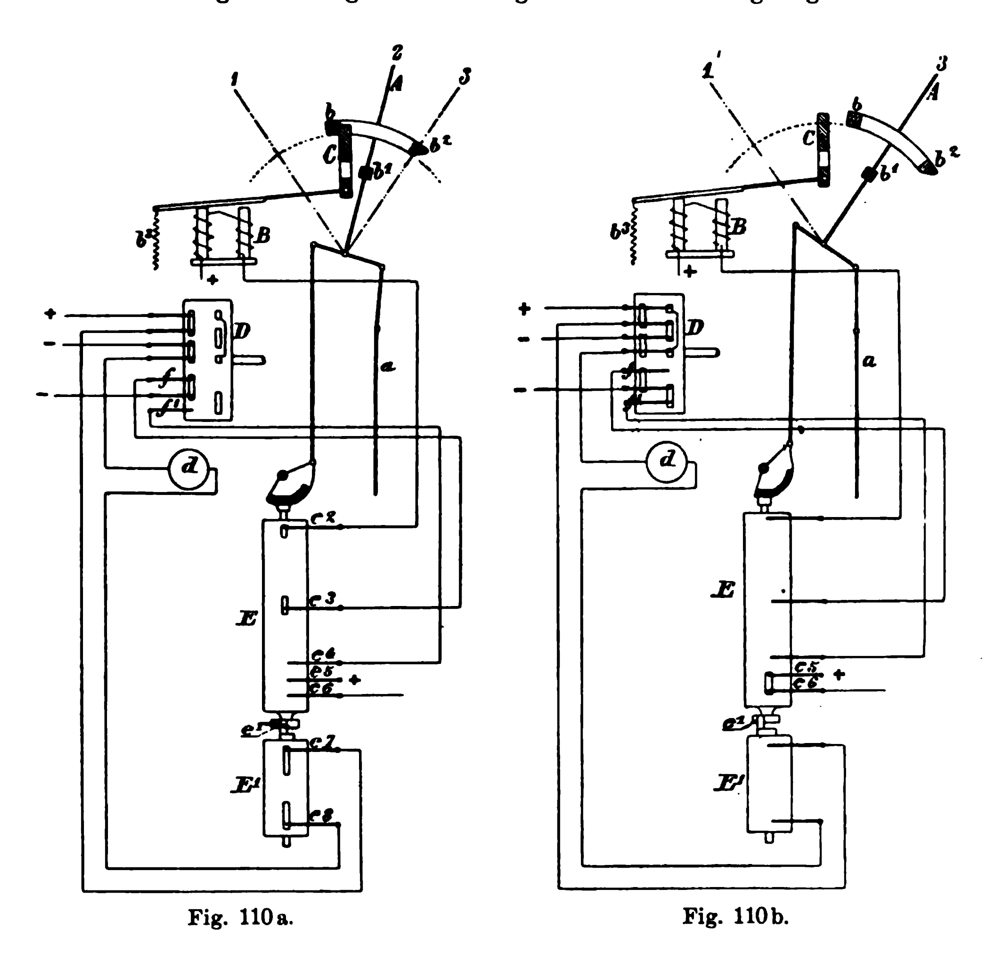


Fig. 110 a. Fig. 110 b.

An den Weichenantrieben bezeichnet *1* den Magnetschalter (s. Fig. 104), *2* den Motor, *3* die Zungenkontakte (z_1 z_2), *4* die Weichenkontakte (w_1 w_2), *5* den Kontakt am Magnetschalter (s_3). Bei den Signalen ist *6* der Motor, *7* der Kupplungsmagnet, *8* die Signalwelle, *9* der Signalkontakt, *10* das Bewegungsgewicht am Signal.

In der gezeichneten Ruhestellung fließen die Überwachungströme für die Grundstellung der Weichen und Signale: von dem + Pol der Batterie durch die Nachahmer *H*, den Magnetschalter *F* der Weichen und über die Kontakte *3*, *4*, *5* in den Weichenantrieben bzw. durch die Nachahmer *J* die

Magnetschalter G der Signale und über die Signalkontakte g zurück zum — Pol der Batterie.

Die Kontakte auf den Walzen EE sind unterbrochen (Stellung *1*).

Nach Umlegen des Hebels bis zur ersten Sperrstellung gelangen die Kontakte in die Stellung *2*. Hierdurch wird über Kontakte an dem Mitnehmer D der Kontakt e_7 an der Walze E_1 an den + Pol, der Kontakt e_8 an den — Pol der Batterie angelegt (Fig. 110a) und dadurch über die Kontakte x_{13} x_{14} und x_{15} x_{16} den Motoren für die Weichen a_1 und a_2 Strom zugeführt. Dieser bewirkt die Umstellung der Weichen und den Wechsel der Stellung der Kontakte *3*, *4*, *5* an den Antrieben.

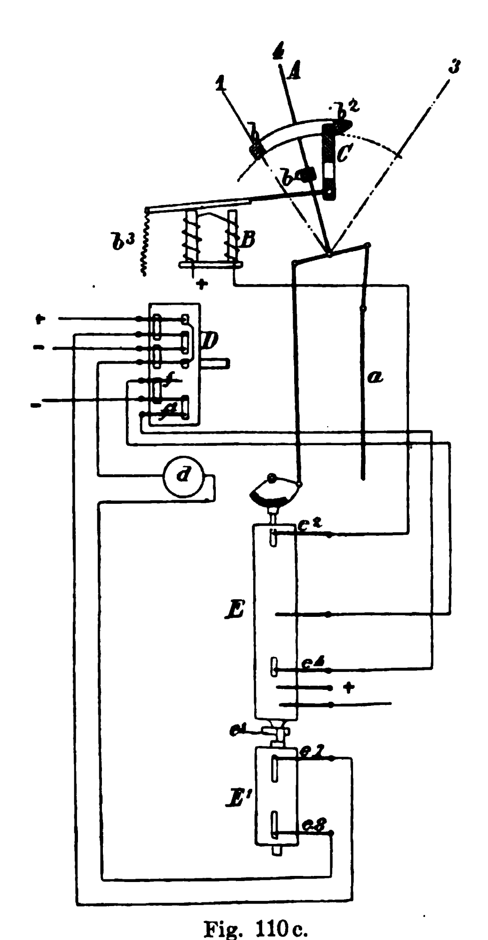


Fig. 110c.

Der Überwachungstrom für die Grundstellung dieser Weichen ist unterbrochen und derjenige für die umgelegte Stellung über H_1 F_1 *3 4 5* geschlossen. Die Kontakte von F F_1 wechseln ihre Stellung. Infolgedessen ist der Stromkreis für den Elektromagneten B zustande gekommen, der auf dem Wege: Batterie + B e_2 x_2 Kontakt an F_1 für a_1 x_3 x_5, Kontakt an F_1 für a_2 x_6 x_7, Kontakt an F für a_3 x_8 e_3, Kontakt f am Mitnehmer Batterie — fließt. Er überprüft also die umgelegte Stellung der Weichen a_1 und a_2 und die Grundstellung der Weiche a_3. Der Elektromagnet B zieht seinen Anker an und gibt den Hebel A zu Weiterbewegung frei.

Der Hebel wird in die Stellung *3* gebracht. In dieser wird durch die Kontakte e_5 e_6 D und e_6 SC der + Pol der Batterie für die beiden Signale an den Signalhebel K angeschaltet (Fig. 110b).

Es wird nun der Signalhebel aus seiner Grundstellung (Fig. 111a) umgelegt, bis er durch den als Sperrklinke ausgebildeten Anker des Magneten[1]) festgehalten wird (Fig. 111b). Bei dieser Bewegung schließt er die zu dem Motor des Signals SC_1 führende Leitung. Das Signal wird auf Fahrt gestellt und dies durch Abfallen der Anker von J und G (Fig. 109) für dieses Signal im Stellwerk angezeigt. Dadurch wechselt ein von G gesteuerter Kontakt seine Lage. Es entsteht ein Stromkreis + Pol der Batterie durch den Elektromagneten k über einen Kontakt am Signalschalter über den Kontakt an G zum — Pol der Batterie. Die Sperre des Signalhebels wird durch Anziehen des Ankers

---

1) In den Figuren 111 mit n bezeichnet.

von k beseitigt. Der Hebel wird weiter bewegt und schließt am Signalschalter die von e_6 D kommende Leitung zu dem Vorsignal D (Fig. 111 c) und stellt dieses auf Fahrt, was sich durch Abfallen der Anker von J und G für das Vorsignal anzeigt.

In dem letzten Teil der Bewegung wird der Mitnehmer D umgeschaltet.

Beim Zurücklegen des Fahrstraßenstellhebels aus der Stellung *3* werden zunächst die Signalströme unterbrochen. Der Hebel kann dabei nur bis zu

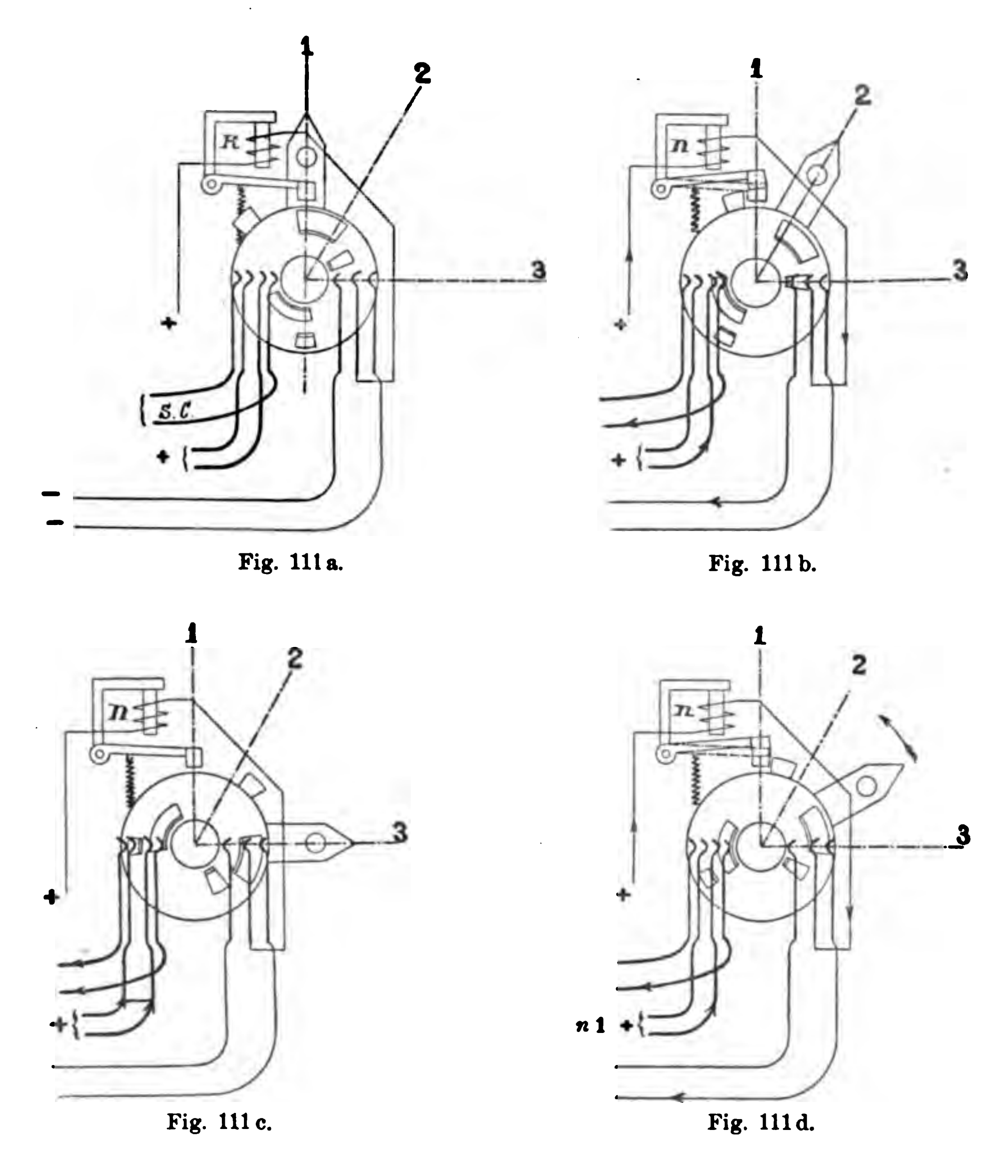


Fig. 111 a. Fig. 111 b. Fig. 111 c. Fig. 111 d.

der Stellung *3b* bewegt werden, wo er sich gegen den Riegel C so lange sperrt, bis die Rückmeldung der Haltstellung der Signale im Stellwerk eingetroffen ist. Ist das geschehen, so entsteht der Stromkreis: Batterie $+$ B e_2 x_9 Kontakt an G für S C_1 x_{10} x_{11} Kontakt an G für D x_{12} e_4 f_1 Batterie —. Der Elektromagnet B zieht seinen Anker an und der Hebel A

wird weiter zurückbewegt bis zur Stellung *4*, in welcher er wieder gesperrt ist (Fig. 110c).

In dieser Lage sind wieder die Motore der Weichen a_1 und a_2 an die Batterie angelegt. Infolge des Kontaktwechsels an dem Mitnehmer laufen sie in umgekehrter Richtung, wie vorher, und holen die Weichen in die Grundstellung zurück. Ist die Rückmeldung hiervon auf den Magneten *H* und *F* eingegangen, so erhält der Magnet *B* wieder Strom und gibt den Hebel *A* zur vollständigen Zurücklegung frei. Der Stromlauf ist: Batterie $+ B e_2 x_1$ Kontakt *F* für $a_1 x_2 x_4$ Kontakt *F* für $a_2 x_5 e_4 f_1$ Batterie —. Die Weichen werden also jedesmal wieder in ihre Grundstellung zurückgeführt, auch ohne daß in den Betriebsverhältnissen hierfür ein Grund vorliegt; sie werden also unnötig oft umgestellt.

Der Signalhebel kann vor oder nach dem Fahrstraßenstellhebel zurückgelegt werden und unterbricht nacheinander den Strom des Vorsignals und des Hauptsignals. Er findet dabei an dem Sperrmagneten einen Anschlag, solange das Vorsignal noch nicht auf Halt steht (Fig. 111d).

Soll der Fahrstraßenstellhebel in der Grundstellung verschlossen gehalten werden, so wird der Ansatz b_2 an ihm ebenso ausgebildet, wie der Ansatz *b*, so daß er bei abgefallenem Anker des Sperrmagneten an dem Riegel *C* einen Anschlag findet. Erst wenn von derjenigen Stelle, welche die Freigabe des Hebels bewirken soll, dem Magneten Strom zugeführt wird, kann der Hebel umgelegt werden.

Für die Sperrung des Hebels bei besetzten Weichen werden isolierte Schienenstrecken an denselben angeordnet und in bekannter Weise an diese ein Magnetschalter angeschaltet, über dessen Kontakt der Überwachungstrom geführt wird, der dadurch prüft, ob ein Fahrzeug auf der isolierten Strecke sich befindet.

Infolge von Leitungsberührungen oder Eindringen fremder Ströme in die Überwachungsleitungen könnten beide Magnetschalter (F und F_1) eines Überwachungsmagneten gleichzeitig Strom erhalten und dadurch ein falscher Stromlauf gebildet werden. Um die sich hieraus ergebenden Gefahren auszuschließen, erhalten die Magnetschalter je einen besonderen Kontakt, welcher bei angezogenem Anker geschlossen ist. Sind beide Kontakte geschlossen, so wird über sie die Stromquelle kurz geschlossen und dadurch eine Sicherung zum Schmelzen gebracht, welche in der gemeinsamen Zuführungsleitung beider Magnete liegt. Beide Elektromagnete werden also stromlos und der Überwachungsmagnet kann keinen Strom erhalten.

Aus dem angeführten Schaltungsbeispiel, bei dem nur eine Fahrstraße geschaltet ist, ist ersichtlich, daß schon für sehr einfache Fälle die Zahl der Kontakte an den Fahrstraßenstellhebeln eine recht beträchtliche ist. Für jede Weiche müssen an jedem Hebel, zu dessen Fahrstraße sie gehört, die Kontakte wiederholt und miteinander durch Leitungen verbunden werden. Für größere Anlagen wird auch aus diesem Grunde, um an Einfachheit und Übersichtlichkeit zu gewinnen, die Anordnung einzelner Weichenstellhebel vorzuziehen sein.

Benutzte Literatur.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. Wiesbaden.
Der Eisenbahnbau der Gegenwart, IV. Abschnitt. Wiesbaden.
KOHLFÜRST, Die elektrischen Telegraphen- und Signalmittel für Eisenbahnen auf der Frankfurter elektrotechnischen Ausstellung 1891. Stuttgart.
ADAMS, The block system of signalling on American railroads. New York.
American practice in block signalling. New York.
Electric Signalling on the Midland Railway.
Electric power working of railway points and signals. The Crewe-system.
Engineering. A weekly Journal. London.
The Railway Engineer. London.
The Railroad-Gazette. New York.
The Hall-Signal Co., Catalogue.
Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. London.
Bulletin de la Commission Internationale du Congrès des Chemins de fer. Brüssel.
Notice sur les appareils de manoeuvre et d'enclenchement des aiguilles et des signaux de chemins de fer. — Système Taylor,
Révue générale des chemins de fer et des tramways. Paris.

Sach- und Namenregister.

(Die Zahlen bedeuten die Seiten.)

Blocksignale

bearbeitet

von

Rudolf Vogel.

Blocksignale.

Eine besondere Gruppe der elektrischen Zugmelde- und Zugfolgesignale (Zugdeckungssignale) bilden diejenigen Apparate, die nur zur Abgabe der für den Zugbetrieb erforderlichen Signale dienen, es sind dies die elektrischen Blockapparate.

Für die grundsätzliche Anordnung dieser Apparate, soweit zunächst das in Deutschland übliche System in Frage kommt, ist vor allem der § 25 der Betriebsordnung für die Haupteisenbahnen Deutschlands maßgebend. Nach diesem darf kein Zug von einer Station abfahren, wenn nicht vorher festgestellt ist, daß der letzte in derselben Richtung vorausfahrende Zug die nächste Station oder Blockstation erreicht hat.

Unter einer Blockstation ist hierbei eine Station zu verstehen, die mit Signaleinrichtungen versehen ist, mit denen die Signale Nr. 7 bis 12 der Signalordnung für die Eisenbahnen Deutschlands[1]) gegeben werden können.

Die Entfernung von einer Blockstation bis zur nächsten nennt man Blockabstand und die einzelnen Streckenteile Blockstrecken.

Dieses Sicherungssystem, bei dem zwischen den Zügen ständig ein gewisser Raumabstand innegehalten wird, ist das Raumblocksystem, es ist durch die eingangs erwähnte Bestimmung in der Betriebsordnung für die Haupteisenbahnen Deutschlands auch für deutsche Nebenbahnen vorgeschrieben, deren Fahrgeschwindigkeit größer als 15 km per Stunde ist. Es hat gegenüber dem Sicherungssystem, bei dem zwischen der Abfahrt der aufeinander folgenden Züge von der Station ein gewisser Zeitraum innegehalten wird, dem sogenannten Zeitblocksystem, den Vorzug, bei richtiger Handhabung vollkommene Betriebssicherheit zu bieten. Bei starkem Betriebe ist es daher das allein empfehlenswerte System, das auch schon seit längerer Zeit immer mehr das erstere in den Hintergrund drängt.

Es sei nun zunächst kurz ein solches Raumblocksystem erläutert, bei dem sich die Züge einander mit Stationsabstand folgen.[2]) Um bei starkem Betriebe und großem Abstande der Stationen doch noch eine rasche Zugfolge zu ermöglichen, wird die Station zwischen den einzelnen Verkehrsstationen in eine Anzahl von Abschnitte — Blockabschnitte — eingeteilt, auf deren Grenze die oben erläuterten Blockstationen angelegt werden, die in Praxis als Wärterposten mit Signalmasten und sonstigen erforderlichen

---

1) Abschn. III, Anm. 28 bis 56 des Signalbuches der preußischen Staatsbahnen.
2) O. Lueger, Lexikon der gesamten Technik.

Einrichtungen, wie sie nachstehend näher beschrieben werden, ausgerüstet sind.

Die Fig. 1 zeigt eine solche Einrichtung schematisch.

Die Strecke *A B* zwischen dem Ausfahrtsignal *1* der Station *A* und dem Einfahrtsignal *5* der Station *B* ist in vier Blockabschnitte geteilt, auf deren Grenzen die Blockstationen *2* bis *4* angeordnet sind.

Unter den Voraussetzung, daß die Signale *1* und *5* in das Blocksystem eingeschlossen sind, spielt sich der Betrieb in folgender Weise ab:

Befindet sich ein Zug in der Fahrt von *A* nach *B* auf einem beliebigen Blockabschnitt, z. B. *2* bis *3*, so ist bei ordnungsmäßigem Betriebe das die Rückseite des Zuges deckende Sigual *2* auf „Halt" gestellt und in dieser Stellung verriegelt oder g e b l o c k t, wie der Fachausdruck lautet.

Das Signal *3* ist dagegen entriegelt — e n t b l o c k t —, vorausgesetzt, daß sich auf den folgenden Blockstrecken *3* bis *4* kein Zug befindet. Der Wärter in *3* gibt daher beim Herannahen des Zuges von *2* demselben freie Fahrt und stellt nach dem Passieren desselben sein Signal auf „Halt", um

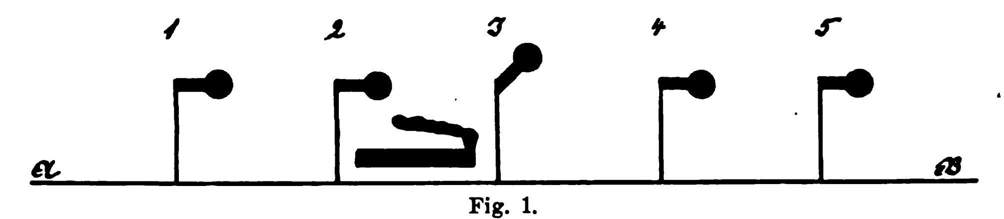


Fig. 1.

den Zug jetzt bei der Fahrt von *3* nach *4* von rückwärts zu decken. Hierauf entriegelt er mit Hilfe seines Blockapparates das Signal in *2*, da die Strecke *2* bis *3* jetzt frei ist. Durch dieselben Manipulationen verriegelt er jedoch sein eigenes Signal *3* in der Haltstellung und begibt sich damit jeder Einwirkung auf die Bewegung desselben, bis letzteres durch den Posten in *4* wieder entriegelt wird, nachdem der Zug das Signal *4* passiert hat. Hiernach wird also die Blockierung jedes Signales in der Haltstellung durch den betreffenden Blockwärter selbst bewirkt, die Entriegelung dagegen durch den in der Zugrichtung nächstfolgenden Wärter. Hieraus ergibt sich, daß das Ausfahrtssignal *1* der Station *A* durch den Wärter in *2*, das Einfahrtssignal *5* der Station *B* dagegen durch letztere Station selbst entriegelt werden kann.

Es wird also zwecks Sicherung der Zugfolge auf freier Strecke jeder Bahnabschnitt so lange gesperrt, bis der voraufgegangene Zug diesen Abschnitt vollständig durchfahren und verlassen hat.

Die hierbei verwendete scharfe Einteilung des Raumabstandes wird als u n b e d i n g t e B l o c k t e i l u n g bezeichnet.[1])

Die Anordnung dieser Blockabschnitte, auch B l o c k z w i s c h e n s t a t i o n e n oder B l o c k s t a t i o n e n genannt, ermöglicht also eine schnellere Zugfolge, als sie beim Absperren einer Strecke von Bahnhof zu Bahnhof für einen jeden einzelnen Zug zu ermöglichen ist. Für den Fall also, daß für den Verkehr zwischen zwei Stationen besondere Block(zwischen)stationen nicht vorgesehen sind, sind die Aus- und Einfahrtssignale zugleich B l o c k-

1) Die Eisenbahntechnik der Gegenwart, Band II, Abschn. 4: Signale und Sicherungsanlagen. (Bearbeitet von SCHOLKMANN.)

s i g n a l e, d. h. sie begrenzen den Raumabschnitt, der für einen nachfolgenden Zug so lange abzusperren ist, als der voraufgegangene den abgesperrten Abschnitt nicht vollständig durchfahren hat.

Die Bedienung dieser **B l o c k s i g n a l e** im engeren Sinne geschieht durch einen Blockwärter entweder unmittelbar von Hand oder von einem Stellwerke aus mittels Drahtleitung. Die Verständigung der Blockposten untereinander über das Besetztsein und Freiwerden eines Bahnabschnittes erfolgt entweder durch Morseschreiber oder durch elektrische Blockwerke, durch die je zwei aufeinanderfolgende Signale derart zwangsweise in Abhängigkeit stehen, daß das rückliegende Signal nicht eher wieder auf „freie Fahrt" gestellt werden kann, bis das vorliegende hinter dem durchgefahrenen Zug wieder auf Haltstellung gebracht worden ist.

Ferner stehen auch **s e l b s t t ä t i g e B l o c k a n l a g e n** in Anwendung, bei denen die Einstellung der Blocksignale durch entsprechende Übertragung unmittelbar durch den fahrenden Zug bewirkt wird.

Bei diesen Blockanlagen ergibt sich für eine in die Abschnitte *A* — *B* — *C* — *D* — *E* zerlegte, mit Blocksignalen versehene Bahnstrecke beispielsweise nachstehende Signalfolge.[1]) (Fig. 2).

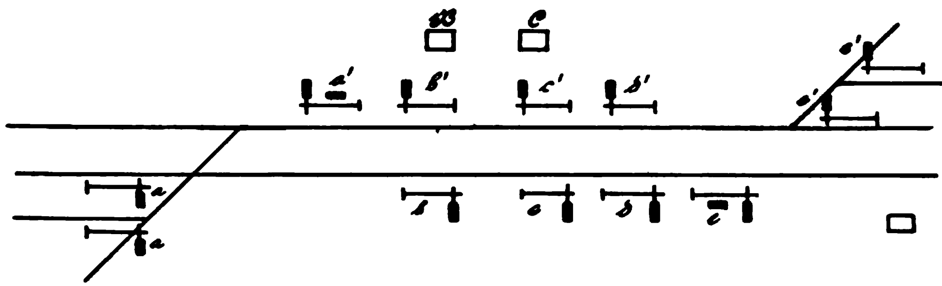


Fig. 2.

1. Der an einer Signalstelle, z. B. *C* vorüberfahrende, aus der Blockstrecke *B C* kommende Zug hat das Signal nach Vorbeifahrt, also nach Einfahrt in den vorliegenden Bahnabschnitt *C D* zur eigenen Deckung auf „Halt" zu stellen.

2. Das Signal *d* am Ende der Blockstrecke *C D* muß hierbei selbsttätig auf „Fahrt" gestellt werden, sofern der vorliegende Abschnitt *D E* vom zuletzt vorausgegangenen Zug bereits verlassen ist.

3. Das Signal *b* am Anfang des rückliegenden, vom Zuge eben verlassenen Bahnabschnittes verbleibt zwar in seiner Haltstellung, in der es bis dahin festgelegt war, es wird aber freigegeben, so daß seine Fahrtstellung durch einen später in den Abschnitt *A B* einfahrenden Zug von *A* aus unmittelbar erfolgen kann.

Hiernach lassen sich also die Blocksignalanlagen in zwei Hauptgruppen gliedern [2]) und zwar in:

A. **B l o c k s i g n a l a n l a g e n , b e i d e n e n d i e Z u g d e c k u n g s s i g n a l e v o n b e s o n d e r e n W ä r t e r n u n d u n t e r t e i l w e i s e r B e i h i l f e d e r Z ü g e g e h a n d h a b t w e r d e n.**

---

1) Kohlfürst, Die Fortentwicklung der elektrischen Eisenbahneinrichtungen. Wien, Hartleben 1891, S. 187.

2) Kohlfürst, Neues auf dem Gebiete der elektrisch selbsttätigen Zugdeckung. Sammlung elektrischer Vorträge, Band IX, Heft 11/12. Stuttgart 1906.

B. Blocksignalanlagen, mit lediglich von den Zügen ohne Beihilfe von Signalwärtern beeinflußten Signalen.

Die erste Form hat hauptsächlich auf den europäischen Vollbahnen Verwendung gefunden, während die zweite z. B. in der Hauptsache nur bei amerikanischen Vollbahnen zu finden ist.

Beiden Systemen gemeinsam ist die Aufgabe, daß durch die Einfahrt jedes Zuges in die einzelnen Blockabschnitte an den Enden dieser Blockabschnitte ein Fahrverbot erscheint und dieses erst dann wieder beseitigt werden kann bzw. von selbst verschwindet, wenn der in Frage kommende Zug den Blockabschnitt tatsächlich wieder verlassen hat.

Es sollen nun aus der großen Zahl solcher Blocksignaleinrichtungen von beiden obengenannten Formen eine Reihe von typischen Beispielen näher erläutert werden, wobei insbesondere auf diejenigen Systeme näher eingegangen werden soll, die eine größere Ausbreitung gefunden haben. Daneben soll aber auch auf diejenigen Systeme hingewiesen werden, die wegen der eigenartigen bei ihnen verwendeten technischen Mittel, um die gestellte Aufgabe zu lösen, weiteres Interesse beanspruchen.

I. Blocksignalanlagen mit teilweiser Selbsttätigkeit.[1]

Bevor auf die besondere Einrichtung einiger der meistverbreitetsten Blocksignalanlagen mit teilweiser Selbsttätigkeit näher eingegangen wird, mögen zunächst zugleich in Ergänzung der in der Einleitung gegebenen Erklärung der Begriffe Blockstation, Blockabstand usw. — einige hier neu einzuführende Begriffe näher erläutert werden.

Damit eine Fahrt nicht ohne Einwilligung des Fahrdienstleiters zugelassen wird, muß dieser

entweder die Signalstellvorrichtungen unmittelbar beaufsichtigen oder — bei einer zu großen Entfernung der Signale — sie so unter Verschluß halten, daß erst nach Lösen des zugehörigen Verschlusses die Fahrstellung des Signales möglich ist.

Dieses Verschließen und Lösen der Signale bewirken die Blockwerke und zwar mittels elektrischer Ströme.

Wird Wechselstrom verwendet, so ist zugleich die Sicherheit vorhanden, daß äußere Einflüsse (atmosphärische Entladungen, Berührung von Gleichstromleitungen) auf den Verschluß nicht einwirken können.

Im Blockwerk werden gewöhnlich eine Reihe solcher Verschlußeinrichtungen — Blockfelder — vereinigt.

Als Bahnhofsblockung oder Stationsblockung werden die Blockeinrichtungen bezeichnet, die zur Sicherung der Zugfahrten auf den Bahnhöfen dienen.

Bei dieser Bahnhofs- oder Stationsblockung kommen zur Verwendung:[2]

a) Signalfelder.

---

1) Die nachstehenden Kapitel über Bahnhofs- und Streckenblockung sind im wesentlichen in Anlehnung an das nachstehende Spezialwerk verfaßt worden: Scheibner, Die mechanischen Sicherheitsstellwerke im Betriebe der vereinigten preußisch-hessischen Staatseisenbahnen. Berlin 1906.

2) Vgl. die unten abgedruckten, für die preußisch-hessischen Staatsbahnen gültigen „Grundsätze für die Ausführung der elektrischen Blockeinrichtungen."

Für jedes unter Blockverschluß stehende Signal ist ein freigebendes Blockfeld im Bahnhofsblockwerk der Befehlsstelle angeordnet. Ihm entspricht an der Signalbedienungsstelle, d. h. im Wärterblockwerk des Stellwerks ein empfangendes Blockfeld.

Durch diese Signalfelder genannten Blockfelder wird also der Verschluß eines Hauptsignales am Wärterblockwerk aufgehoben und

1. der Befehl des Fahrdienstleiters an den Signalgeber am Wärterblockwerk übermittelt und dann
2. die richtige Ausführung des Befehls überwacht.

b) Zustimmungsfelder.

Wenn die für eine Zugfahrt zu sichernden Weichen über mehrere Stellwerksbezirke verteilt sind, so müssen die nicht zur Signalbedienungsstelle gehörigen Weichen verschlossen sein, bevor in der Befehlsstelle das Signalfeld zur Erteilung der Fahrerlaubnis bedient werden kann. Die genanntem Zwecke dienenden Zustimmungsfelder befinden sich je im zustimmenden Stellwerk und in der Befehlsstelle.

Durch Bedienen des Zustimmungsfeldes im Stellwerk wird der Fahrstraßenhebel in vorgeschriebener Stellung geblockt (verschlossen).

Falls erforderlich, kann durch Blocken des Fahrstraßenhebels im zustimmenden Nachbarblockwerk auch das Zustimmungsfeld im Stellwerk der Signalbedienungsstelle freigegeben werden (Zustimmungsempfang).

c) Fahrstraßenfelder werden angeordnet, um in der Fahrstraße des Zuges liegende Weichen, Gleissperren usw. auch dann noch unter Verschluß zu halten, wenn das Signal wieder auf „Halt" gestellt ist.

Dem Fahrstraßenfeld entspricht bei Bahnhofseinfahrt meist ein zugehöriges Blockfeld, das Auflösefeld. Es befindet sich in der Befehlsstelle oder auf einer anderen Stelle des Bahnhofes, von der aus man beurteilen kann, ob

die Zugfahrt beendet ist,
der Zug die Fahrstraße verlassen hat oder.
auf ihr zum Halten gekommen ist.

Beide sind gleichfalls Wechselstromfelder.

Ist zur Auflösung der elektrisch festgelegten Fahrstraße kein besonderer Posten zur Verfügung, so wird die Auflösung dem Zuge selbst übertragen: das Blockfeld ist dann ein Gleichstromfeld, seine Bedienung erfolgt durch bloßes Niederdrücken der Blocktaste. Der Verschluß erfolgt hier rein mechanisch, die Auflösung elektromagnetisch beim Schließen einer Batterie durch einen vom Zuge befahrenen Schienenkontakt (vgl. Seite 373).

Zweck der Bahnhofsblockung ist also hiernach:

1. Die Hauptsignale in der Haltstellung unter Verschluß zu halten, ihre Freigabe für Ein-, Aus- und Durchfahrt von Zügen in die Hand des Fahrdienstleiters zu legen und eine gleichzeitige Freigabe feindlicher Signale auszuschließen.
2. Die Freigabe eines Fahrsignales abhängig von der Zustimmung aller Blockstellen zu machen, die bei Zulassung der Zugfahrt mitzuwirken haben.
3. Weichen, Gleissperren usw., die in der Fahrstraße des Zuges liegen, auch dann noch unter Verschluß zu halten, wenn das Signal wieder auf „Halt" gestellt ist.

Das Wechselstrom-Blockfeld.

Die Fig. 3a bis 3c zeigt die Anordnung des Blockfeldes in der Ausführung der Firma Siemens & Halske. Fig. 3a zeigt das Blockfeld in geschlossenem (geblocktem), Fig. 3b in freiem (entblocktem) Zustande. Fig. 3b stellt den Augenblick dar, in dem das Blockfeld aus dem freien in den verschlossenen Zustand übergeführt werden soll.

Bei geblocktem Felde (Fig. 3a) liegt der Verschlußhalter *1* an Achse *2* des Rechens und wird gegen den Zug der Feder *4* an einer Bewegung nach links gehindert. Die Verschlußstange *5*, durch eine Feder *6* nach aufwärts gedrückt, stützt sich in dieser Stellung des Verschlußhalters gegen dessen Nase *7* und wird dadurch gegen Aufwärtsbewegung gesperrt.

Druckstange *8* wird an einer Aufwärtsbewegung durch die Begrenzungsklinke *9* gehindert, gegen diese stößt sie mit Ansatz *10*. Durch den in den

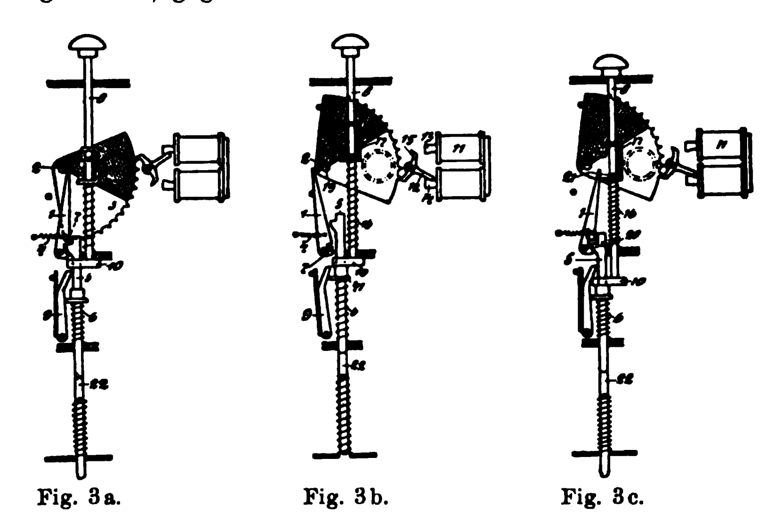


Fig. 3a. Fig. 3b. Fig. 3c.

Elektromagneten *11* (Fig. 3b) gelangenden Wechselstrom wird der polarisierte Anker *12* des Magneten zwischen den Polen *13* und *14* hin- und herbewegt. Die mit dem Anker fest verbundene Hemmung *15* hat hierbei den Rechen (gezahntes Steigrad) *3* Zahn um Zahn freigegeben und der Rechen ist so in seine oberste Lage gegangen, denn er wird durch Feder *16*, die mittels des auf der Druckstange geführten Rechenführers *17* gegen Stift *18* drückt, nach oben gedrängt und an diesen Bewegungen durch die Schneiden der Hemmung gehindert. Kurz vor Erreichen der obersten Rechenlage ist der Verschlußhalter *1* unter Einfluß seiner Feder und des aufwärts gerichteten Druckes der Verschlußstangenfeder *6* durch einen Einschnitt *19* nach links bewegt. Die Verschlußstange ist dadurch von der Nase *7* abgeglitten und nach aufwärts gegangen, hierbei hat sie die Begrenzungsklinke durch Ansatz *41* beiseite gedrückt.

Die Druckstange kann nun frei nach abwärts bewegt werden.

Zwecks Blockens des Blockfeldes wird Druckstange *8* mit der Taste herunter gedrückt (Fig. 3c). Dabei wird durch Ansatz *10* die Verschlußstange *5* unter Zusammendrücken der Feder *6* niedergedrückt. Die Stange dreht beim Niedergang mit ihrer Nase *20* den Verschlußhalter *1* von links nach rechts, hierbei geht er durch den Einschnitt der Rechenachse.

Wird in dieser Lage der Teile der Anker mit der Hemmung durch Entsendung von Wechselströmen in die Spulen des Elektromagneten *11* hin- und herbewegt, so fällt der Rechen durch sein eigenes Gewicht abwärts, da die ihn nach aufwärts drängende Feder *16* durch Stift *21* der Druckstange unter Vermittlung des Rechenführers *17* zusammengepreßt gehalten wird. Wird dann nach Abwärtsgang des Rechens die Druckstange losgelassen, so treten die Teile in die geblockte Lage (Fig. 3a).

Zum Verschließen eines Fahrstraßenhebels in der geblockten Stellung des Blockfeldes hat die Verschlußstange *5* eine Fortsetzung, die Verlängerungsstange *22*, auch Sperr- oder Riegelstange genannt. Diese tritt aus dem Boden des Blockkastens heraus (Fig. 3a) und sperrt den Hebel meist unter Vermittelung mechanischer Einrichtungen, wie später behandelt.

Eine Farbscheibe, halb weiß halb rot gestrichen ist auf dem Rechen des Blockfeldes angebracht. Durch ein Fenster des Blockkastens ist in einer Endlage des Kastens „rot" in der anderen „weiß" sichtbar. Rot bedeutet „Fahrt verboten", weiß „Fahrt erlaubt". Unterhalb des Fensters ist auf einem Schilde die betreffende Fahrt angegeben, für die das Blockfeld gilt.

Von den Blockfeldern arbeiten meist zwei miteinander, eins derselben muß geblockt, das andere frei sein. Durch Blockung des freien Feldes wird das geblockte entblockt. Hierdurch wird also an der bedienenden Blockstelle ein Verschluß hergestellt, an der empfangenden ein solcher aufgehoben.

Blockinduktor.

Der Blockinduktor dient zur Erzeugung der für Blockungen und Entblockungen erforderlichen Wechselströme, er stellt eine magnetelektrische Maschine mit T-Anker gewöhnlicher Bauart dar. Die durch einen solchen mit neun Stahllamellen versehenen Induktor erzeugte Spannung beträgt ca. 60 bis 70 Volt. Die Isolierung gegen das Blockgehäuse erfolgt durch Aufschrauben auf eine Holzplatte, diese werden auf einem eisernen Gestellinduktorschlitten befestigt.

Schaltung zweier Blockfelder.

Die Fig. 4 zeigt die Schaltung zweier durch eine Blockleitung miteinander verbundener und zusammenarbeitender Signalzustimmungs- oder Fahrstraßenfelder. (Die Verlängerungsstange ist weggelassen.)

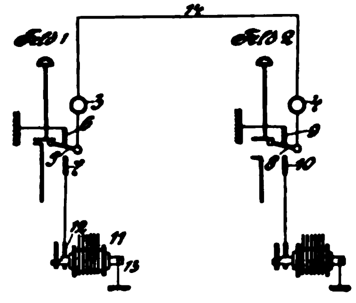


Fig. 4.

Feld *1* ist frei (Verschlußstange in oberer Endstellung) und Feld *2* geblockt (Verschlußstange in unterer Endstellung). Die Elektromagnete *3* und *4* liegen über den Stromschlußhebeln *5* und *8* (Drehpunkt derselben rechts) mit Klemme *6* und *9* am Ende. Zur Entblockung von Feld *2* wird die Druckstange von *1* niedergedrückt. Hierbei wird Stromschlußhebel *5* von Klemme *6* abgehoben und auf Klemme *7* gelegt. An *7* ist der Blockinduktor *11* mit einem Pol *12* angeschaltet, mit dem anderen Pol *13* liegt er an Erde.

Der im Induktor erzeugte Wechselstrom wird bei niedergedrückter Druckstange bei Feld *1* über *7* und *5* durch Elektromagnet *3* und Leitung *14* nach Feld *2* gesandt. Der Strom fließt dort durch Elektromagnet *4* über *8* und *9* zur Erde und durch diese zurück zum geerdeten Pol *13* des Blockinduktors. Durch den Wechselstrom wird der Anker beider Elektromagnete hin- und herbewegt und dadurch das freie Feld *1* geblockt und das geblockte Feld *2* entblockt.

Abhängigkeit zwischen den Blockfeldern des Bahnhofsblockwerkes.

Um Zuggefährdungen zu verhüten, darf durch das Bahnhofsblockwerk das Freigeben sog. feindlicher Signale nicht bewirkt werden können. Die Vorkehrungen, um die Bedienung derartiger feindlicher Signale auszuschließen, können mechanisch oder elektrisch betriebene sein. Es soll hier lediglich auf die letzteren, die elektrisch betriebenen eingegangen werden. Zur Erläuterung der hierzu erforderlichen Einrichtung diene Fig. 5.

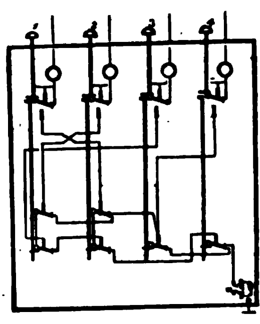


Fig. 5.

Die Induktorströme werden über Stromschließer geführt, die beim Niederdrücken der Blocktaste und Blocken des Feldes unterbrochen werden. Es kann also nach der Umstellung z. B. Blockfeld *4* nicht bedient werden, wenn Feld *3* zuvor geblockt ist. In gleicher Weise schließen sich Feld *1*, *2*, *4* mit *3*, ferner *1*, *3* mit *2* und *2*, *3* mit *1* aus.

Das Blockwerk an der Signalbedienungsstelle, gewöhnlich Wärterblockwerk genannt, entspricht vollständig der Anordnung des Blockwerkes an der Befehlsstelle.

Ausführung des Bahnhofsblockwerkes der Firma Siemens und Halske.[1]

Zu jedem Blockwerk gehört ein Schieber. Auf der Bewegungsachse *1* des Schiebers (Fig. 6) sitzt die Verschlußklinke *2*, mit der die Verlängerungsstange des Blockfeldes zusammenarbeitet.

Die Verlängerungsstangen können in der Grundstellung der Klinke *2* nicht niedergedrückt werden, weil diese dann unter einer Übertragungsstelle steht, die von der Verlängerungsstange des Feldes nach abwärts bewegt ist.

Zum Blocken wird die Klinke durch Handgriff *4* nach links gedreht und dadurch aus ihrer Sperrstellung gebracht. Ist darauf das Feld geblockt, so verhindert die Stange ein Zurückbewegen der Klinke in Grundstellung.

Das Blockwerk wird meist nicht unmittelbar auf den Schieberkasten aufgesetzt, sondern es wird zwischen Blockwerk und Schieberkasten ein Blockuntersatz *5* als Zwischenbau geschaffen, damit man jederzeit an den Schieber herankommen und etwa notwendig werdende Änderungen an den Abhängigkeiten ohne Störung des Blockbetriebes ausführen kann.

Die im Blockuntersatz geführten Übertragungsstangen *3* stellen die Verbindung zwischen den Blockfeldern und den Klinken auf den Achsen her.

---

1) Betreffs der mechanischen Ausführung dieser und der nachstehend erläuterten Apparate der Firma Siemens & Halske vgl. im übrigen deren Druckschriften 71, 94, 95 und 120.

Das elektrische Gleichstromblockfeld.

Das Gleichstromblockfeld ist eine durch Gleichstrom auszulösende Sperre und besitzt die gleiche Druck-, Verschluß- und Verlängerungsstange wie das Wechselstromfeld. Die Bedienung erfolgt nur durch einfaches Nieder-

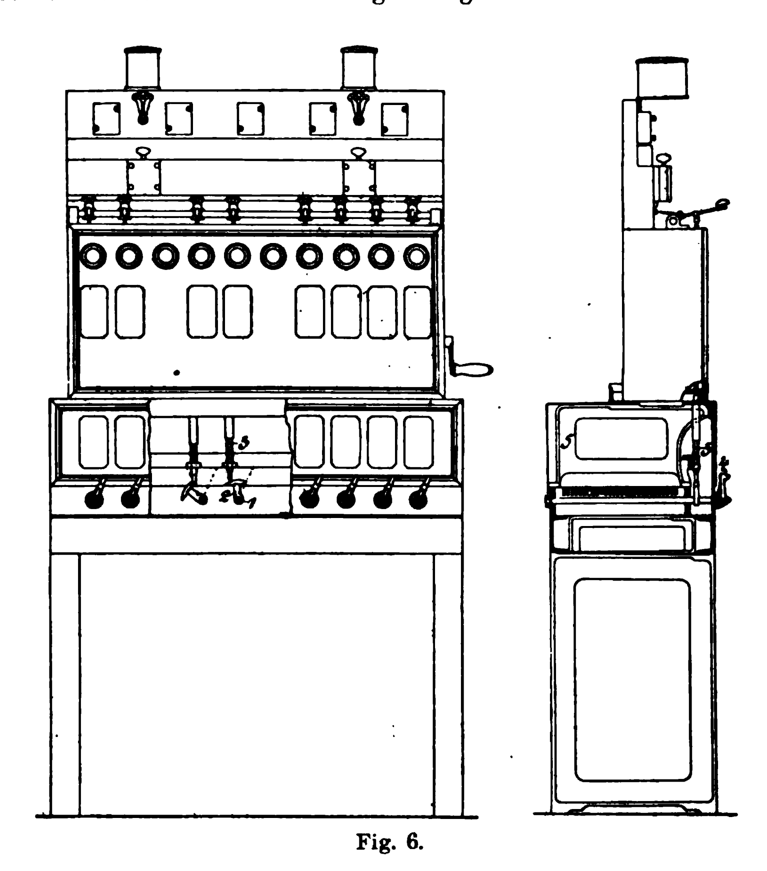


Fig. 6.

drücken ohne Stromgebung. Die Verlängerungsstange geht hierbei abwärts und wirkt auf die mechanische Verschlußeinrichtung.

Fig. 7a bis c zeigt die Wirkungsweise dieses Feldes.

Fig. 7b zeigt das nicht gesperrte Feld in Endstellung.

Bei Fig. 7b ist Druckstange *1* niedergedrückt, Verschlußstange *2* hierbei nach abwärts gegangen und hat mit einer Nase Sperrklinke *3* beiseite geschoben. Da Elektromagnet *4* stromlos ist, ist sein Anker *5*, der sich in der Endstellung gegen Klinke *3* abstützt, von den Polschuhen des Elektromagneten abgefallen und hat sich mit seiner Verlängerung *6* vor den unteren Teil der Sperrklinke gelegt, letztere wird so am Zurückgehen in die Ruhelage gehindert.

In Fig. 7c ist die Druckstange losgelassen und wieder hochgegangen. Die Verschlußstange ist unter Wirkung einer Feder ein Stück mitgegangen, hat sich dann aber mit einen Ansatz *7* an der Sperrklinke gefangen.

Das Sperrfeld befindet sich jetzt in Sperrstellung.

Tritt Strom in die Elektromagnetspulen, so wird dessen Anker angezogen, dadurch die Sperrklinke frei und durch die in ihre oberste Lage zu-

rückgehende Verschlußstange beiseite gedrückt. Die Teile stehen dann wieder in der Grundstellung (Fig. 7 a).

Die Verlängerungsstange *8* drückt in der Sperrstellung gegen eine besondere Fangklinke *9* (Fig. 7 c) diese wird durch eine Feder *10* in der Fang-

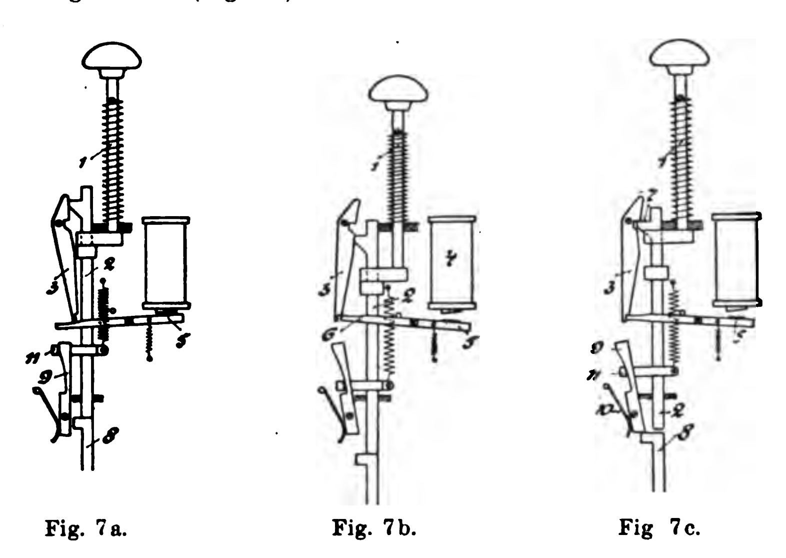


Fig. 7 a. Fig. 7 b. Fig 7 c.

stellung gehalten. Geht die Verschlußstange bei Auslösung des Feldes nach aufwärts, so entfernt sie durch einen Mitnehmer *11* die Fangklinke aus dieser Stellung, so daß die Verlängerungsstange ihr in die Grundstellung folgen kann (Fig. 7 a).

Verbindung von Blockwerk mit Stellwerk und die mechanische Abhängigkeit beider.

Die Wirkungsweise der im Blockuntersatz der Stellwerke angeordneten mechanischen Einrichtungen hinsichtlich der Signalfelder zeigt Fig. 8 a bis c und zwar in der Ausführung der Firma Max Jüdel & Co.

Die von Fahrstraßenhebel a^1, a^2 angetriebene Fahrstraßenschubstange trägt zwei mit Schlitzen versehene Ansätze *e*, die durch Kurbeln mit den um feste Punkte drehbaren Verschlußscheiben *v* in Verbindung stehen. Letztere haben entsprechende Aussparungen und werden von den über ihnen drehbar gelagerten Verschlußhaken *h* beeinflußt; an diesen sind mit je einer Lasche die gerade geführten Übertragungsstangen *s* angelenkt.

Die auf die Stangen *s* drückenden Verlängerungsstangen der Signalfelder halten die Verschlußhaken *h* entgegen der Wirkung der Feder *f* in der unteren Lage fest und verhindern dadurch eine Drehung der Verschlußscheiben *v* und damit eine Umstellung des Fahrstraßenhebels a^1 a^2, also auch der betreffenden Signalhebel.

Den beiden Bewegungsrichtungen des Fahrstraßenhebels a^1 und a^2 entsprechend verschließt jedes der beiden Signalfelder a^1 und a^2 eine Richtung. Beim Entblocken (Freigeben) des Signalfeldes a^1 (Fig. 8 b) gehen infolge Wirkung der Feder *f* die Übertragungsstange *s* und Verschlußhaken *h* dieses Feldes nach oben und der Fahrstraßenhebel kann nach der Richtung a^1, also nach oben umgelegt werden. Die Bewegungsrichtung a^2 bleibt

dagegen durch den Verschlußhaken h des Signalfeldes a^2 nach wie vor geblockt — gesperrt —.

Beim Einstellen in die freigegebene Richtung a^1 (Fig. 8c) dreht sich nicht nur die Verschlußscheibe des Feldes a^1, sondern auch diejenige von a^2 und zwar im gleichen Sinne wie diese. Beim Einstellen von a^2 drehen sich beide Verschlußscheiben in umgekehrtem Sinne.

Solange ein Fahrstraßenhebel gezogen ist (Fig. 8c), wird das Niederdrücken der Blocktaste des Signalfeldes dadurch verhindert, daß sich der

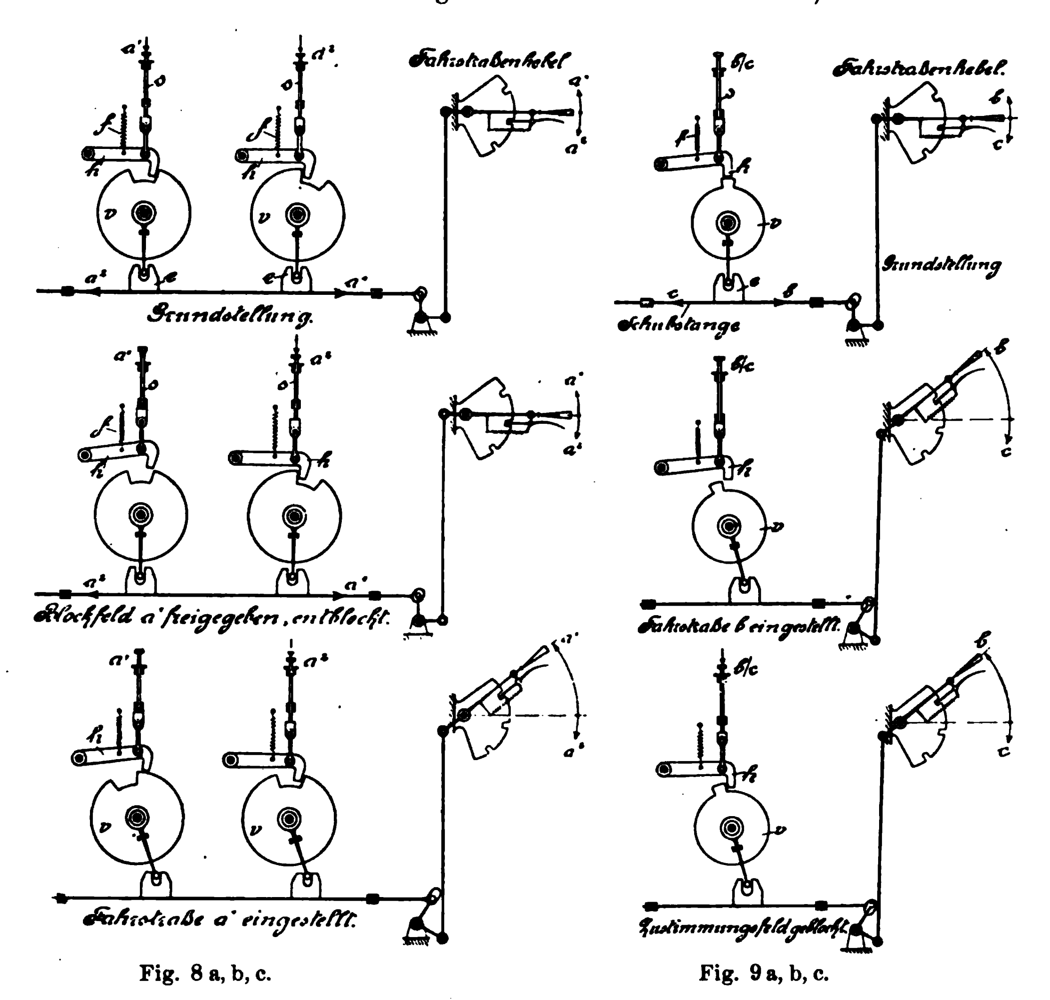


Fig. 8 a, b, c. Fig. 9 a, b, c.

Verschlußhaken über den vollen Kranz der Verschlußscheibe befindet. Es muß also zunächst der Fahrstraßenhebel in die Ruhelage zurückgebracht sein, ehe die Grundstellung wieder herbeigeführt werden kann.

Die Einrichtung für ein Zustimmungsfeld im zustimmenden Stellwerk zeigt Fig. 9a bis c.

Dies Feld soll Fahrstraßenhebel b/c in jeder der beiden gezogenen Stellungen verschließen.

Die Verbindung von Fahrstraßenhebel mit Verschlußscheibe v, Anordnung von Verschlußhaken und Übertragungsstange ist die gleiche wie beim Signalfeld.

In der Grundstellung (Fig. 9 a) ist das Zustimmungsfeld frei (Farbscheibe rot), die betreffende Blocktaste kann jedoch nicht gedrückt werden, da sich ein Ansatz der Verschlußscheibe *v* unter dem Haken *h* befindet. Durch Einstellen des Fahrstraßenhebels (Fig. 9 b) wird Verschlußscheibe *v* so weit gedreht, daß Haken *h* frei wird. Bei dem nun möglichen Blocken des Feldes (Fig. 9 c) wird der Verschlußhaken nach unten gedrückt und setzt sich vor den Scheibenansatz. Es kann also die Verschlußscheibe *v* nicht zurückbewegt werden und der Fahrstraßenhebel ist in seiner umgelegten Stellung so lange verschlossen, bis das Zustimmungsfeld wieder entblockt wird.

Der Vorgang beim Blocken der eingestellten Fahrstraße *c* entspricht ganz dem vorstehend für *b* beschriebenen, jedoch legt sich dabei der Verschlußhaken mit seiner äußeren Fläche vor den Ansatz der in umgekehrten Sinne wie bei *b* gedrehten Verschlußscheibe *v*.

Soll ein Verschließen des Fahrstraßenhebels nur in einer seiner Endstellungen durch das Zustimmungsfeld erfolgen, so wird der Ansatz der Verschlußscheibe *v* nach einer Seite so weit verlängert, daß auch bei gezogenem Fahrstraßenhebel der Verschlußhaken *h* nicht niedergedrückt werden kann.

Ausführung von Siemens und Halske.

Bei der Ausführung von Siemens & Halske erfolgt der Verschluß des Fahrstraßenhebels durch die Übertragungsstange des Blockfeldes mit Hilfe einer Klinke, die auf der Fahrstraßenwelle aufgesetzt ist. Die Klinkenform ist verschieden, je nachdem der Fahrstraßenhebel in der Grundstellung oder geschlossener Stellung verschlossen werden soll.

Die Übertragungsstelle legt sich vor die Klinke und hindert den Vor- oder Rückgang des Fahrstraßenhebels.

Die Fahrstraßenfestlegung.

Durch die Fahrstraßenfestlegung wird bezweckt, Weichenstraßen, d. h. alle für eine Zugfahrt in Betracht kommenden Weichen, Sperren usw. gegen vorzeitiges Umstellen zu sichern. Je nach den Betriebsverhältnissen wird hierzu ein Wechselstrom- oder Gleichstromblockfeld verwendet, derart, daß der umgelegte Fahrstraßenhebel durch das Fahrstraßenfeld festgelegt (geblockt) sein muß, ehe der Signalhebel bedienbar wird.

Besondere Signalschubstangen stellen hierbei die erforderliche Abhängigkeit zwischen dem Fahrstraßenfelde und den Signalhebeln im Blockwerk her.

Die besondere Anordnung und Wirkungsweise der Signalschubstangen und der für die Schubstangenantriebe ergänzten Signalhebel soll nachstehend an Hand der Ausführung der Firma Max Jüdel & Co. näher erläutert werden.

In der schematischen Darstellung derselben, Fig. 10 a bis d ist angenommen, daß zwei Fahrstraßenhebel, die zusammen für 3 Fahrstraßen *d e f* gelten, durch ein gemeinsames Fahrstraßenfeld *d e f* festgelegt werden. Die Verlängerungsstange des Fahrstraßenfeldes wirkt unter Vermittelung der Übertragungsstange *s* (Fig. 10 a) auf den drehbar gelagerten hakenförmigen Druckhebel *o*. Dieser beeinflußt mittels eines Röllchens den auf Welle *z* feststitzenden Daumen *r* und wird durch Feder *m* in seiner oberen Stellung gehalten. Der Drehzapfen für Druckhebel *o* trägt auch das Fangstück *g*,

das durch die Feder n gegen einen an o befindlichen Anschlag gezogen wird. Auf der über dem Stellwerksverschlußkasten angeordneten Welle z sind die zweiseitigen Verschlußstücke t^1 und t^2 befestigt. Diese arbeiten mit den Elementen v^1, v^2 und w^1, w^2 der Fahrstraßenschubstangen zusammen; das ebenfalls auf z festsitzende Stück x beeinflußt das Element der Signalschubstange DEF. Die Grundstellung der Welle z wird durch Feder p gesichert, diese veranlaßt das Aufliegen des linken abgerundeten Endes der Verschlußstücke t auf den Elementen v der Fahrstraßenschubstangen. In Grundstellung kann die Blocktaste def nicht gedrückt werden, da infolge

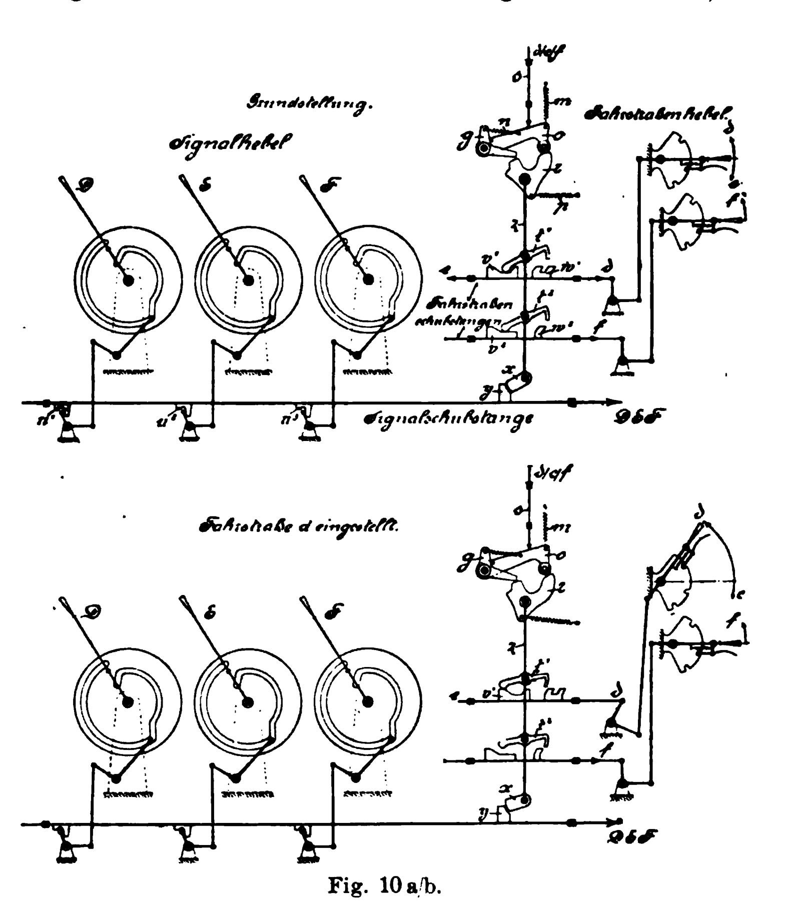


Fig. 10 a/b.

der besonderen Gestaltung von Daumen r dem Druckhebel o kein Hebelarm zum Drehen der Welle geboten wird.

Beim Einstellen eines Fahrstraßenhebels, z. B. nach Richtung d (Fig. 10 b) dreht das dachförmige Element v^1 der Fahrstraßenschubstange das Verschlußstück t und damit Welle z und Daumen r in Uhrzeigerrichtung so weit, daß die Daumen nunmehr ein Niederdrücken der Blocktaste zuläßt. Wenn auch durch Umlegen des Fahrstraßenhebels d der hier nicht dargestellte gewöhnliche Signalverschluß aufgehoben wird, so kann doch zunächst Signalhebel D nicht umgelegt werden, denn das Verschlußstück x befindet sich noch vor Element y der gemeinsamen Signalschubstange DFF. Die Welle z wird erst durch Niederdrücken der Blocktaste und Blocken des Fahrstraßen-

hebels so viel — in Uhrzeigerrichtung — weiter gedreht, daß das Stück x das Element y und damit Signalhebel D freiläßt.

Es legt sich aber hierbei das rechte hakenförmige Ende des zweiseitigen Verschlußstückes t^1 so vor das Element w^1 der Fahrstraßennachschubstange d, e, daß diese nicht zurück gestellt werden kann. Um eine größere Sicherheit zu erzielen, erfolgt beim Bedienen des Fahrstraßenfeldes unter Mitwirkung des Fangstückes g die Freigabe des Signalhebels erst dann, nachdem die Sperrstellung des Feldes und damit Festlegung der eingestellten Fahrstraße gewährleistet ist. Fangstück g legt sich nämlich vor eine ent-

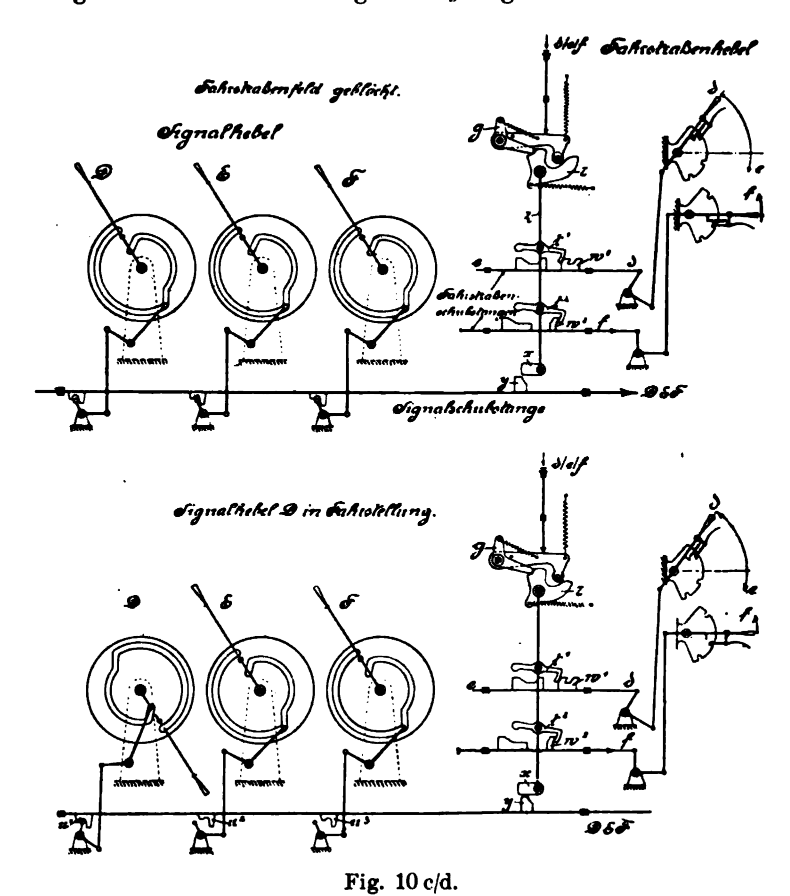


Fig. 10 c/d.

sprechende Nase des Daumens und hält dadurch die zwischen der geblockten und der tiefsten Stellung der Verlängerungsstange liegende Stellung nach Fig. 10 c aufrecht.

Fig. 10 d zeigt die Stellung bei auf Fahrt gestelltem Signal D; es hat sich beim Umlegen des Signalhebels durch Rückbewegung der Signalschubstange $D E F$ deren Element y so unter Verschlußstück x geschoben, daß während der Fahrstellung des Signales eine Rückdrehung der Welle z in die Lage nach Fig. 10 b ausgeschlossen ist.

Beim Lösen der Fahrstraßenbefestigung zeigen sich nacheinander die Bilder: Fig. 10 c (Signal auf Halt), Fig. 10 b (Fahrstraßenfeld entblockt, Druckhebel o mit Fangstück g unter Einwirkung der Feder m hochgegangen, Welle z zurückgedreht, dadurch Fahrstraßenhebel rücklegbar, Signalhebel

wieder verschlossen) und Fig. 10a (Fahrstraßenhebel und damit die ganze Einrichtung wieder in Grundstellung). Das Festlegen und Auflösen einer der Fahrstraßen *c* oder *f* spielt sich in ganz entsprechender Weise ab, wie vorstehend für Fahrstraße *d* beschrieben.

Ausführung der Firma J. Gast.

Eine andere Ausführung für das Fahrstraßenfeld, wie es von der Firma J. Gast hergestellt wird, zeigt in schematischer Darstellung Fig. 11. Hier bedeutet *V* die Fahrstraßenschubstange und *S* die Signalschubstange. Beide befinden sich in Grundstellung und das Fahrstraßenfeld in nicht geblocktem Zustande. Auf der Welle *1* sind die Haken *2* und *3* befestigt, auf der Welle *4* der in *S* eingreifende Daumen *5* und Sperrsektor *6*. Auf der Welle *4* kann das daumenartig in *V* eingreifende Sperrstück *7* lose schwingen. Bei der gezeichneten Lage der Teile läßt sich das Fahrstraßenfeld deshalb nicht blocken, weil *7* die Rechtsdrehung von *2* verhindert. Die Schubstange *S* läßt sich ferner darum nicht nach links bewegen und der Signalhebel nach Verschließen der Fahrstraße nicht auf „Fahrt" ziehen, weil *6* durch den links an *3* sitzenden Haken an einer Rechtsdrehung verhindert wird.

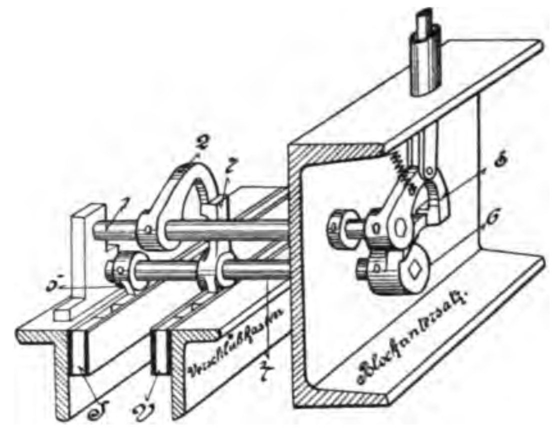


Fig. 11.

Beim Verschließen der Fahrstraße unter Bewegung von *V* z. B. nach links schwingt lediglich *7* rechtsherum, alle übrigen Teile behalten ihre Lage bei. Es kann jetzt die Blocktaste gedrückt und das Fahrstraßenfeld geblockt werden. Beim Blocken setzt *2* sich rechtsdrehend vor *7*, legt damit die Fahrstraße fest und *3* bewegt sich gleichfalls rechtsherum. Der Nocken an *3* hindert dann nicht mehr den Sektor *6* an einer Rechtsdrehung und der Signalhebel kann unter Verschiebung von *S* nach links auf „Fahrt" gezogen werden. Hierbei gleitet der vorspringende Rand von *6* über den Nocken von *3* und legt damit das ganze System fest.

Ausführung von Siemens und Halske.

Es soll endlich noch die sehr verbreitete mechanische Einrichtung für das Fahrstraßenfeld nach den Ausführungen von Siemens & Halske näher erläutert werden. (Fig. 12a bis c.)

Mit *1* sind die Fahrstraßenhebel für die feindlichen Fahrstraßen bezeichnet. Die Fahrstraßenhebel wirken beim Umlegen auf eine gemeinsame Fahrstraßenschubstange *2*. Jede der auf der Fahrstraßenwelle befestigten Bewegungsklinken *3* drückt beim Umlegen des Fahrstraßenhebels von rechts nach links gegen einen auf den Schubstangen sitzenden Anschlag *4* und bewegt dabei die Schubstangen nach links. Die Verschlußstücke *5* treten gleichzeitig über Ansätze *6* der nicht gedrehten Klinken und legen die feind-

lichen Fahrstraßenhebel in der Grundstellung fest. Die Rückbewegung der Schubstange in die Ruhestellung erfolgt bis auf wenige Millimeter zwangläufig durch Klinke *3*; vollständig in die Endlage wird sie durch eine Feder gebracht. Die Schubstangen zum Verschluß der Weichenhebel sind fortgelassen.

In den Abbildungen ist angenommen, daß die Fahrstraßenhebel unter Blockverschluß liegen. Es sitzen daher auf den Fahrstraßenwellen Klinken *7*, vor die die Verlängerungsstangen *8* der Signalfelder in geblockter Stellung treten und eine Bewegung der Fahrstraßenhebel und damit auch des Signalhebels verhindern.

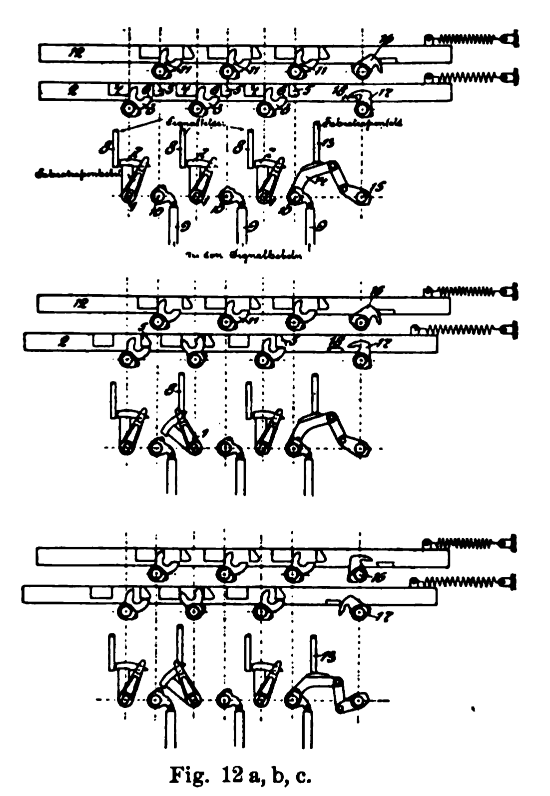


Fig. 12 a, b, c.

Die drei Signalhebel, die zu den Fahrstraßen gehören, werden durch Stangen *9*, die in die Stellrollen der Signalhebel eingreifen, — in der Figur nicht mit dargestellt — verschlossen gehalten. Auf der von der Handfalle der Signalhebel bewegten Signalhebelwelle *10* sitzen die Bewegungsklinken *11*. Diese sind ebenso gebaut, wie die Klinken *3* und greifen an eine gemeinsame Signalschubstange *12* an.

Mit *13* ist die Verlängerungsstange des Fahrstraßenfeldes bezeichnet; diese liegt oberhalb des Hebels *14*, der lose drehbar auf Welle *10* sitzt und durch eine Übertragung bei der Abwärtsbewegung eine Welle *15* in dem Verschlußkasten von rechts nach links dreht. Auf Welle *15* sitzen die Sperrklinken *16* und *17*.

In der Grundstellung (Fig. 12 a) wird Signalschubstange *12* durch Klinke *16* gegen Bewegung nach links durch Klinke *17*, unter der das Verschlußstück *18* auf der Fahrstraßenschubstange liegt, und die Verlängerungsstange des Fahrstraßenfeldes an einer Abwärtsbewegung gehindert.

Die Wirkungsweise ist folgende: Ein Fahrstraßenhebel *1* ist umgelegt, nachdem Verlängerungsstange *8* infolge Entblockung des Signalfeldes hochgegangen ist (Fig. 12 b), Verschlußstück *18* ist dabei aus dem Bereich der Klinke 17 gekommen.

Die anderen Fahrstraßenhebel sind durch die Verschlußstücke *5* auf der Fahrstraßenschubstange *2* in der Grundstellung festgelegt.

Von den Fallenstangen der Signalhebel kann aber keine ausgeklinkt werden, da hierbei eine der Wellen mit den Bewegungsklinken *11* gedreht werden müßte, diese Drehung aber so lange nicht möglich ist, als Signalschubstange *12* durch Klinke *16* verschlossen gehalten wird.

Das Fahrstraßenfeld wird geblockt (Fig. 12 c), die Verlängerungsstange *13* wird abwärts geführt und bleibt in Verschlußlage stehen. Klinke *16*

und 17 sind nach links gedreht, Klinke 17 sperrt die Fahrstraßenschubstange, Klinke 16 gibt die Signalschubstange für eine Bewegung nach links frei. Die Fallenstange des zu den umgelegten Fahrstraßenhebel gehörigen Signalhebels kann jetzt ausgeklinkt und der Signalhebel in Fahrstellung gebracht werden. Es werden hierbei gleichzeitig die anderen Signalhebel durch die Signalschubstange in ihrer Grundstellung verschlossen.

Streckenblockung.

Allgemeines.

Durch die Bestimmung des § 65[8] der B.-O. ist eine Zugdeckung durch die nächste Zugfolgestelle vorgeschrieben. Weiter enthält der § 22 der B.-O. für Bahnen mit sehr dichter Zugfolge die Forderung, daß in einem Streckenabschnitt das Einfahrtsignal unter Verschluß der nächsten Zugfolgestelle liegen muß.

Aus dieser doppelten Forderung hat sich die Einrichtung der Streckenblockung ergeben.

Diese dient also dem Zweck, ein jedes Hauptsignal einer Zugfolgestelle, das einen besetzten Streckenabschnitt (Blockstrecke) deckt, in der Haltstellung so lange festzulegen, bis es von der in der Fahrrichtung vorwärtsgelegenen Zugfolgestelle freigegeben ist.

Die Zugfolgestellen werden mit elektrischen Blockwerken ausgerüstet, ihre Blockfelder — Streckenfelder — stehen untereinander und mit den Signalen des eigenen Bahnhofes in Abhängigkeit.

Die Streckenblocklinien beginnen und endigen in den Bahnhöfen. Als Blocksignale der Blockanfangsstellen dienen die den Streckenabschnitt deckenden Ausfahrsignale. Als Blocksignale der Blockendstellen dienen die den Streckenabschnitt begrenzenden Einfahrsignale der Bahnhöfe.

Begrenzt wird die Streckenblocklinie durch die nach dem Streckenabschnitt weisenden Ausfahrsignale des einen und das Einfahrsignal des nächsten Bahnhofes.

Für alle Ausfahrsignale, die nach demselben Streckenabschnitt weisen, ist ein gemeinsames Anfangfeld und für das Einfahrsignal — zwei- oder dreiarmig — ein Endfeld erforderlich.

Als Streckenfelder dienen die Seite 480 beschriebenen Wechselstromblockfelder Bauart Siemens & Halske.

Mechanische Druckknopf- und Hebelsperre, Signalarmkupplung.

Ist ein Zug mit seiner letzten Achse an einem auf „Fahrt“ stehenden Blocksignal vorbeigefahren, so wird der Signalhebel in der Bedienungsstelle auf „Halt“ umgelegt und durch Blockung des Streckenfeldes verschlossen.

Ist der Zug am nächsten Blocksignal vorbei in den folgenden Streckenabschnitt eingefahren, so wird durch Blockung dieses Signales das vorherige gleichzeitig wieder freigegeben. Für Freigabe eines Streckenabschnittes durch Blocken des Streckenfeldes ist also Bedingung, daß das Signal für den voraufgefahrenen Zug auf „Fahrt“ gestellt und hinter dem Zug auf „Halt“ zurückgelegt ist. Zu diesem Zwecke ist für das Streckenfeld eine mechanische Sperre — Druckknopfsperre — vorgesehen. Diese ge-

stattet eine Bedienung des Feldes nur dann, wenn der Signalhebel aus der Fahrlage in die Haltlage zurückgeführt ist.

Um nun weiter zu verhüten, daß die Signalbewegungen zum Schein oder zwecks Ermöglichung der Freigabe des rückwärts gelegenen Signales ausgeführt werden, besitzt das Streckenfeld noch eine zweite Sperre — elektrische Druckknopfsperre. Diese läßt eine Bedienung des Feldes erst dann zu, wenn der Zug durch Befahren eines hinter dem Signal gelegenen Schienenkontaktes einen Strom in den Elektromagneten der Sperre gesendet und die Sperrung aufgehoben hat.[1])

Da es dagegen hinter der Blockanfangsstelle keinen Streckenabschnitt gibt, muß nach Ausfahrt des Zuges und Zurückstellung des Aus-

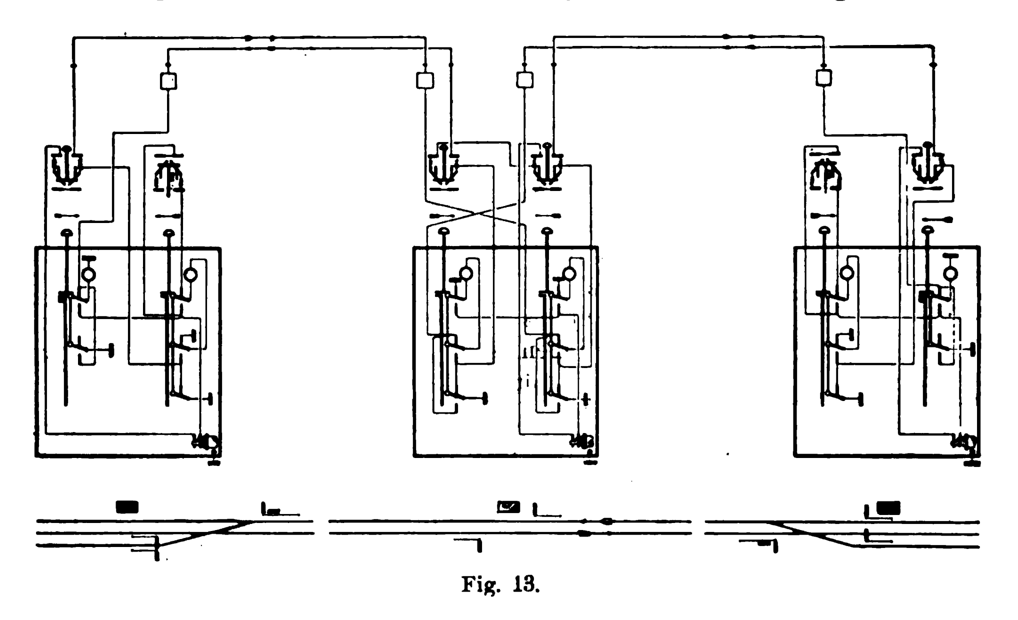


Fig. 13.

fahrsignales auf „Halt" ein nochmaliges Zeichen des Signales auf „Fahrt" vor Freigabe des Streckenfeldes unmöglich sein. Hierzu dient die mechanische Druckknopf- und Hebelsperre.

Wird aber das Ausfahrsignal nicht auf „Halt" gestellt, so könnten beliebig viel Züge in den Streckenabschnitt eingelassen werden. Um dies zu verhüten, bringt der Zug mittels einer am Ausfahrsignal angebrachten elektrischen Signalarmkupplung[2]) selbst in Haltstellung hervor. Diese trennt den Signalarm vom Signalantriebe, sobald der Zug einen Schienenkontakt[3]) am Eingang des Streckenabschnittes befährt.

Bei der Streckenblockung in der zweifeldrigen Form wird der „freie" oder „besetzte" Streckenabschnitt nur an einer Stelle und zwar am Anfang

1) Beim Blocken des Feldes wird die Sperre wieder selbsttätig in die Sperrlage gerückt, so daß das Feld für eine Zugfahrt nur einmal bedient werden kann.

2) Vgl. Druckschrift 95 von Siemens & Halske (elektrische Signalflügelkupplung) D.R.P.

3) Die Wirkung des Schienenkontaktes (vgl. auch S. 373) beruht in der Ausführung der Firma Siemens & Halske darauf, daß infolge Durchbiegung der Schiene an dem Punkt, an dem der Kontakt angebracht ist, Quecksilber in einer Röhre hochgedrückt wird. In diese ist ein Kontaktstift eingeführt, der mit der Außenleitung in Verbindung steht.

der Blockstrecke durch ein Streckenfeld angezeigt. Die Blockwerke erhalten deshalb auf den Streckenblockstellen nur ein Streckenfeld für jede Fahrrichtung, also insgesamt zwei Streckenfelder.

Die Einteilung der Streckenabschnitte zwischen zwei Bahnhöfen nebst den Hauptsignalen (Vorsignale sind weggelassen) und Schaltung der Blockwerke zeigt Fig. 13.

Beim Blocken des Streckenfeldes wird Strom nach der rückliegenden Blockstelle zur Freigabe des dortigen Blocksignales gesendet. Die Entblockung erfolgt also von der in der Fahrrichtung vorwärts liegenden Blockstelle aus.

Der Blockwärter hat das Signal nach vollständiger Vorbeifahrt des Zuges am Signal in die Haltstellung zu bringen und den rückliegenden Streckenabschnitt zu entblocken, sonst könnte kein weiterer Zug in der gleichen Fahrrichtung abgelassen werden. Bei dieser zweifeldrigen Form ist also die Zwangläufigkeit der Blockbedienungsvorgänge nicht gesichert.

Bei der neuerdings ausschließlich verwendeten erweiterten Form der Streckenblockung ist die Einrichtung so getroffen, daß der „freie" und „be-

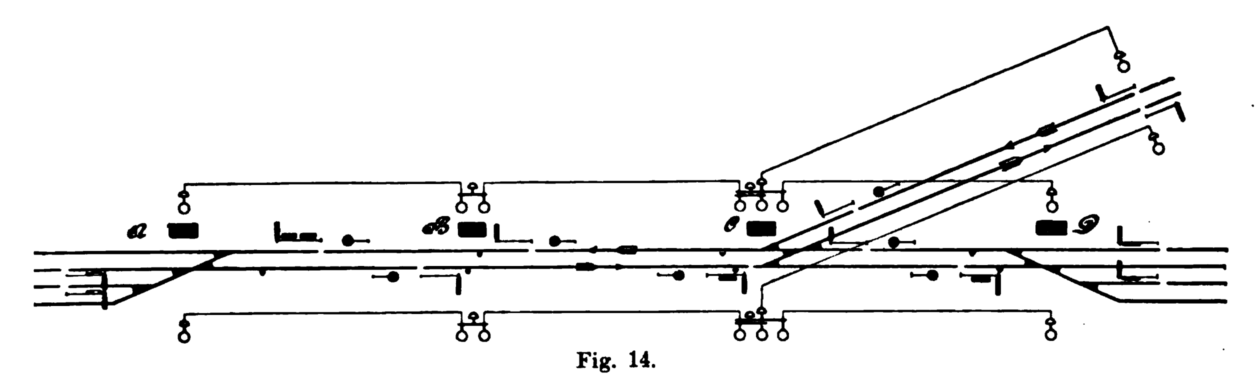


Fig. 14.

setzte" Streckenabschnitt nicht nur an dessen Anfangspunkt, sondern auch am Endpunkt durch ein Streckenfeld angezeigt wird. Hier sind also die Blockwerke der Streckenblockstellen für jede Fahrrichtung mit zwei Streckenfeldern, Anfangs- und Endfeld, versehen, also für jede Fahrrichtung vier Streckenfelder — vierfeldrige Form.

Das eigene Signal wird durch Bedienung des Anfangsfeldes auf „Halt" verschlossen und gleichzeitig der Zug an die in Fahrrichtung vorwärts gelegene Blockstelle vorgemeldet; durch Bedienung des Endfeldes wird das Signal der rückwärts liegenden Blockstelle freigegeben.

Auf den Streckenblockstellen ist je ein End- und Anfangsfeld mit einer Gemeinschaftstaste versehen, es erfolgt also das Entblocken des einen und Blocken des nächsten Abschnittes gleichzeitig. Hierdurch wird also eine Zwangläufigkeit der Bedienungsvorgänge gesichert.

Wenn wie z. B. bei Bahnabzweigungen, an einem Punkte mehr als zwei Streckenabschnitte zusammenstoßen, so vergrößert sich die Zahl der Streckenfelder entsprechend der der hinzugekommenen Strecken, denn für jede zweigleisige Strecke kommt wieder ein Anfangs- und ein Endfeld hinzu.

Den Zusammenhang der Felder einer Streckenblocklinie in vierfeldriger Form zeigt Fig. 14.

Es ist eine zweigleisige Streckenblocklinie zwischen Bahnhof *A* und *D* dargestellt. An einem Punkte *C* ist eine Abzweigung in eine zweigleisige Strecke, die bis zur nächsten Zugfolgestelle auch durch Streckenblockung gesichert ist. Der erste Streckenabschnitt in jeder Fahrrichtung beginnt bei dem Ausfahrsignal der Station, der letzte endet beim Einfahrsignal der anderen Station. Von links nach rechts sind vorhanden:

Blockanfang- und Endstelle *A*,
Streckenblockstelle *B* mit Abzweigung *C*,
Blockanfang- und Endstelle *D*.

Die Einrichtungen am Gleis zur Mitwirkung des Zuges sind nur durch einfache Schienenkontakte angedeutet; die Blockleitungen zwischen den einzelnen Feldern sind mit eingezeichnet.

Fig. 15 zeigt die Schaltung der Felder des Blockwerkes im Zusammenhange mit den zusammenarbeitenden Feldern der benachbarten Blockstellen.

Angenommen, ein Zug ist in der Richtung von *C* nach *A* unterwegs und z. B. gerade an der Blockstelle *B* vorbeigefahren. Strecke *C*—*B* ist

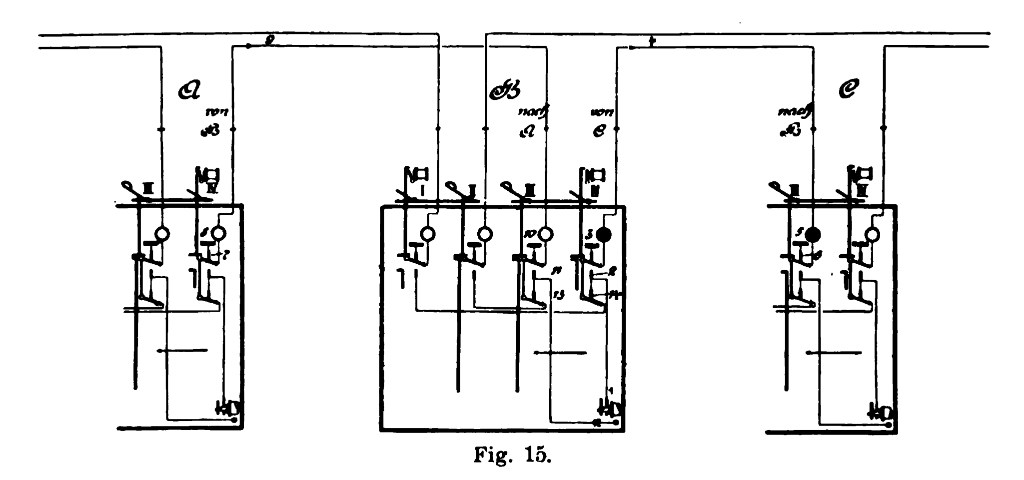


Fig. 15.

von dem Wärter in *B* noch nicht freigegeben. Das Anfangsfeld III in *C* der Strecke *C*—*B* befindet sich also in geblocktem und das Endfeld — Feld IV in *B* — in entblocktem Zustande. Die Farbscheiben beider Felder zeigen Rot. Die elektrische Druckknopfsperre am Endfelde IV in *B* ist durch den Zug ausgelöst, das Feld kann also bedient werden. Zu dem Zweck drückt der Wärter in *B* die Blocktaste von Feld III und nimmt dabei Taste IV mit. Beim Drehen des Induktors fließt Strom von Pol *1* des Induktors über Klemme *2*, durch Elektromagnet *3* des Streckenfeldes, Leitung *4*, Elektromagnet *5* des Feldes III in *C*, zur Klemme *6*, zur Erde, durch diese zur geerdeten Klemme *7* in *A*, durch Elektromagnet *8* von Feld IV dieser Blockstelle, Leitung *9*, zu Elektromagnet *10* von Feld III in *B*, durch Klemme *11* an diesem Felde und zum anderen Induktorpol.

Der Stromkreis ist also geschlossen und der Wechselstrom sperrt Streckenfeld III und IV in *B* und gibt Feld III in *C* und IV der Blockstelle *A* frei. Hiermit ist das den Streckenabschnitt *A*—*B* deckende Signal in *B* geblockt.

Das Entblocken des letzteren erfolgt nach Vorbeifahrt des Zuges in *A*

genau in gleicher Weise durch gemeinsames Drücken von Feld III und IV, der Strom wird hierbei vom Induktor der Blockstelle *A* aus entsendet.

Die beschriebene Kupplung der Blocktasten des Endfeldes eines Streckenabschnittes mit dem Anfangsfeld des folgenden Abschnittes, um beide Felder gemeinsam bedienen zu können, erfolgt entweder mittels einer einzigen gleichzeitig auf die Druckstangen beider Felder drückenden sog. Gemeinschaftstaste oder durch eine besondere Blocktaste.

In der Ausführung von SIEMENS & HALSKE (Fig. 16) erhält nur eine Hebeltaste *1* einen Druckknopf *2*, der andere *3* ist verkürzt und ohne Druckknopf. Taste *1* dreht beim Abwärtsgang durch die Stifte *4* die Welle *5*. Auf dieser sitzt ebenfalls lose die andere Taste *3*. Bei Drehung der Welle nehmen die Stifte *6* auf ihr die Taste mit nach abwärts.

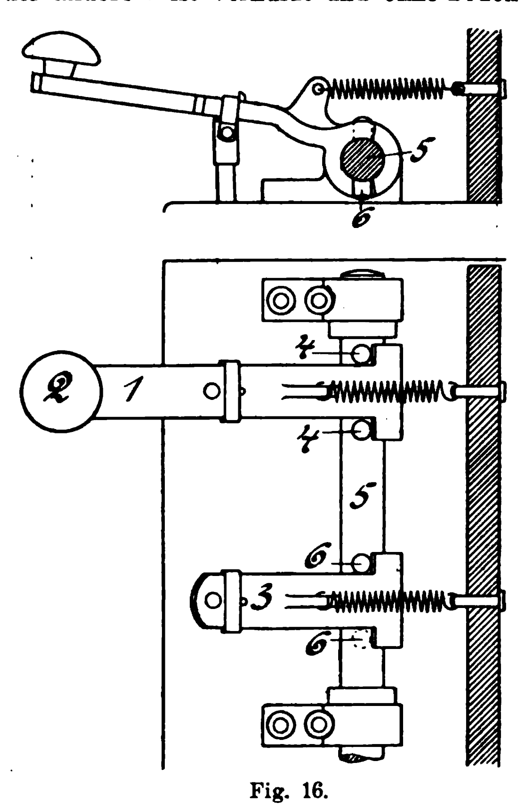


Fig. 16.

Über den Endfeldern sind die elektrischen Druckknopfsperren angeordnet. Deren Wesen besteht darin, daß eine mit der Druckstange des Blockfeldes fest verbundene Stange durch eine Klinke an einer Abwärtsbewegung so lange gehindert wird, bis der zugehörige Elektromagnet seinen Anker anzieht.

Die Schaltung der Blockwerke für die in Fig. 14 dargestellte Streckenblocklinie ist in Fig. 17a u. b dargestellt. Nach der Ausführung zu Fig. 15 (Streckenblockfeld in vierfeldriger Form) ist die Blockschaltung ohne weiteres verständlich.

Streckenblockstation v. Zimmermann & Buchloh.

Die nachstehend erläuterte Streckenblockstation, Bauart ZIMMERMANN & BUCHLOH, Berlin, ist nach den für zweigleisige Hauptstrecken gültigen Vorschriften in vierfeldrigen Form ausgeführt.[1])

Für jede Fahrrichtung ist ein End- und Anfangsstreckenblockfeld vorhanden, ferner ein Signalhebel, ein einflügeliges Hauptsignal und eine Vorscheibe. Das Streckenendfeld ist mit einer elektrischen Druckknopfsperre gekuppelt, dieses wird über eine isolierte Schienenstrecke nebst Durchbiegungskontakt mittels Batteriestrom betrieben.

Der Apparat zur Bedienung beider Signale einer Streckenblockstation besteht aus 2 gleichen symmetrisch angeordneten Einzelhebeln. Diese sind auf gemeinsamem Fundament nebeneinander, also auch einzeln auswechselbar

1) GLASERS Annalen für Gewerbe und Bauwesen 1905, S. 64.

montiert und liegen unter einer abschließenden Deckplatte. Auf diesen baut sich das vierfeldrige Streckenblockfeld auf.

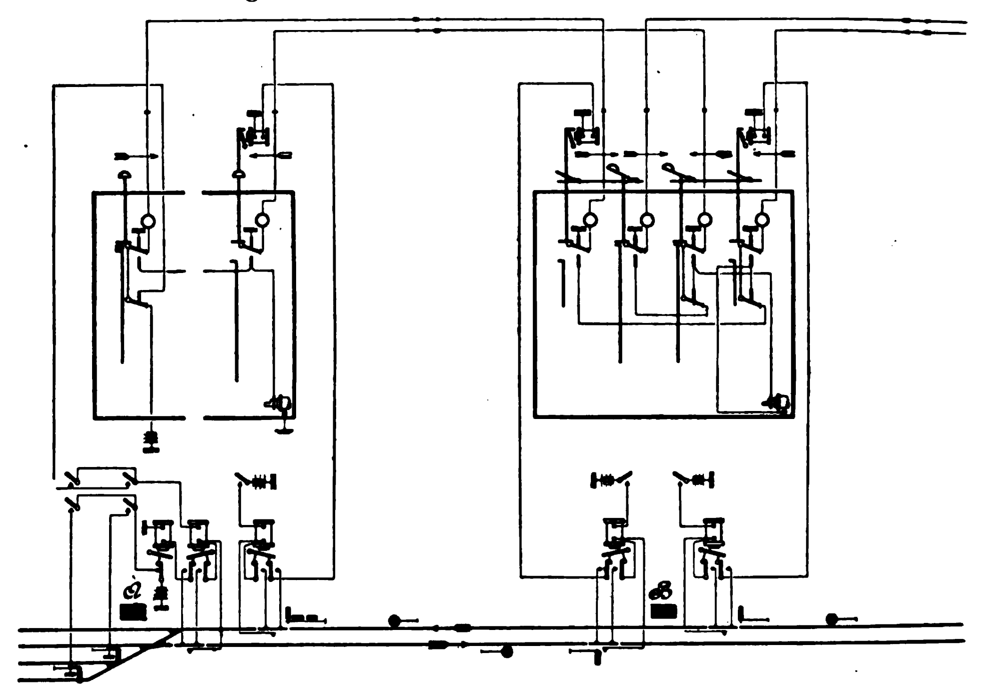


Fig. 17a.

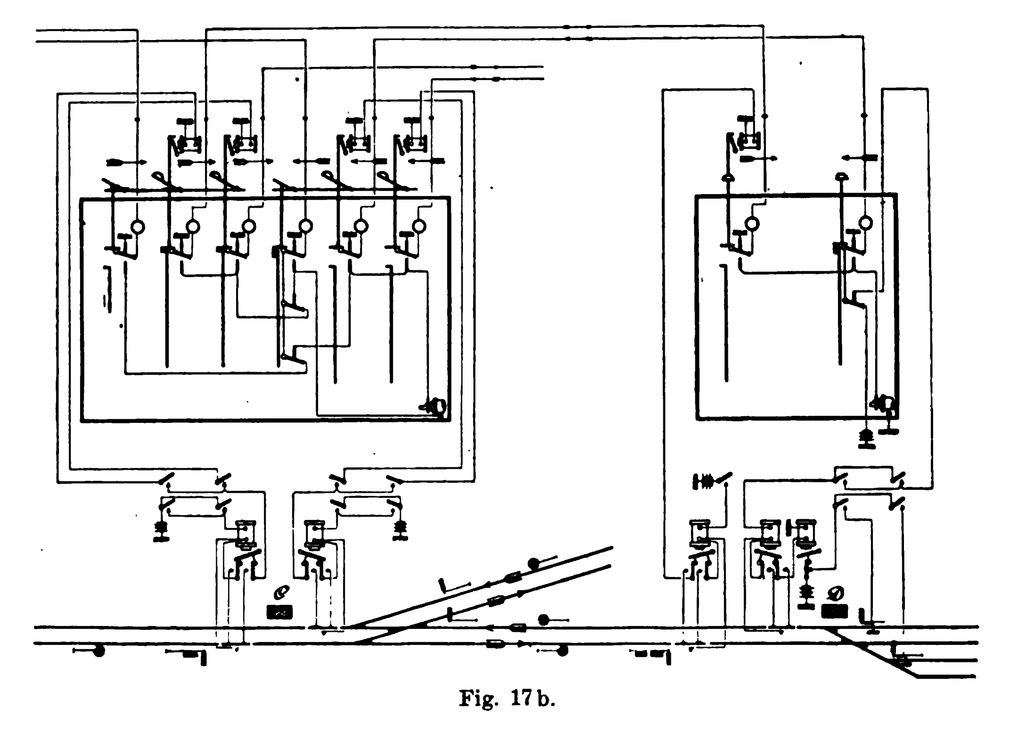


Fig. 17b.

Die aus Seilscheibe, Hebelschaft und Federfalle bestehenden Drahtzugstellhebel (Fig. 18) drehen sich um eine feste Achse im Lagerbock *Ar Al*,

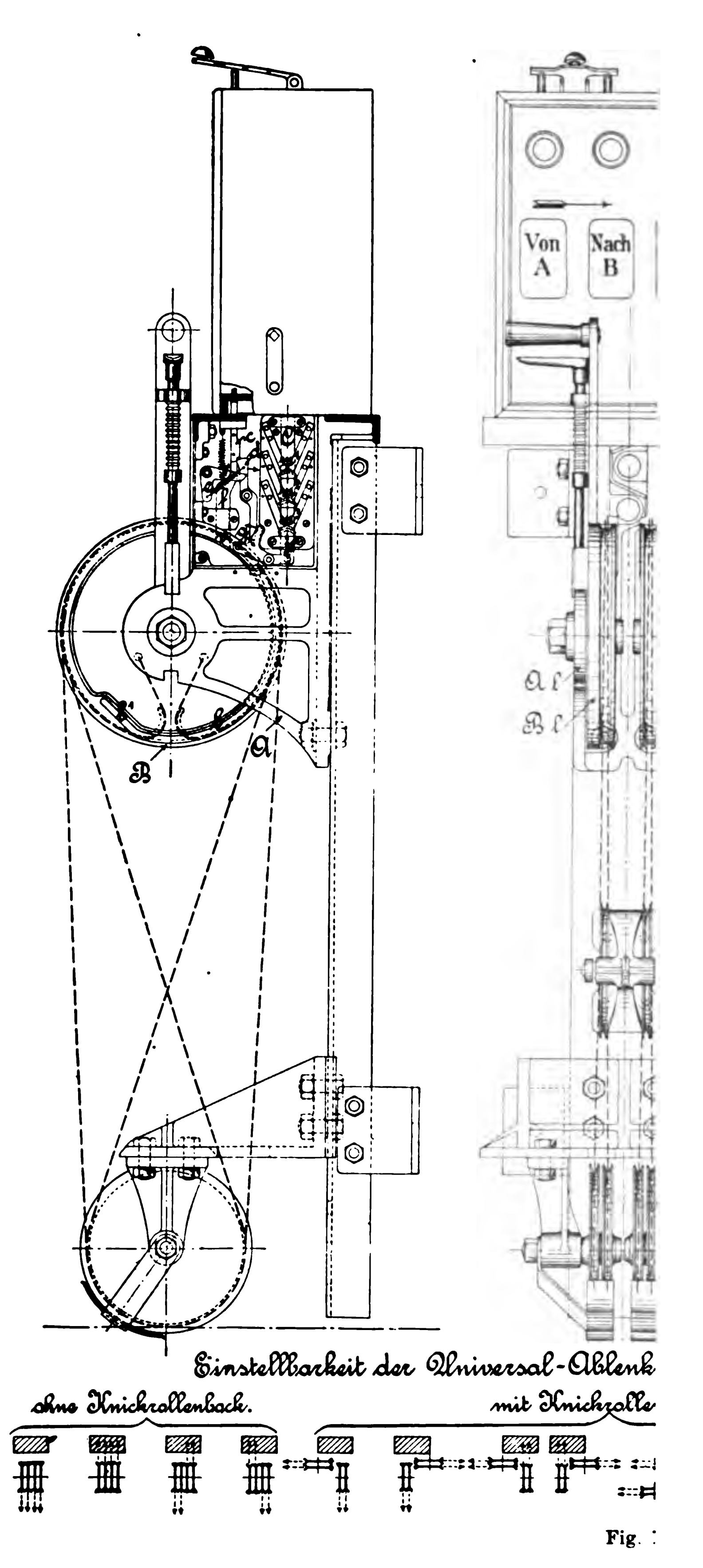

Von A
Nach B
A
B
A l
B l
Einstellbarkeit der Universal-Ablenk
ohne Knickrollenbock.
mit Knickrolle

Fig.

dessen Gleitbogen die Einschnitte für den Stein der Federfalle zum Festlegen des Hebels in Ruhe- und Fahrstellung enthält. Sein Oberteil ist gleichzeitig als flaches Gehäuse mit abnehmbarem seitlichen verglastem Verschlußdeckel zur Aufnahme der Sperr- und Kontaktwerke eingerichtet. Die Signalstellhebel stehen — wie die bestehenden Vorschriften fordern — mit den innenliegenden beiden Anfangsfeldern des Streckenblockwerks in einer derartigen Abhängigkeit, daß sie bei geblocktem Anfangsfelde in Ruhelage gesperrt, bei entblocktem dagegen frei werden. Ferner kann der gemeinschaftliche Druckknopf der beiden für eine Fahrrichtung zusammengehörigen Blockfelder erst dann niedergedrückt werden, nachdem der Hebel und damit das Deckungssignal mindestens einmal auf Fahrt und wieder auf Halt gestellt worden ist. (Mechanische Druckknopfsperre.)

Die Sperrstange *f* bewirkt die Sperrung des Hebels in Haltlage durch Blockung des Anfangsfeldes, diese Stange bildet die Fortsetzung der normalen Sperrstange des Blockfeldes, besitzt selbsttätigen (federnden) Rückgang nach oben und tritt mit ihrem unteren Ende direkt in einen korrespondierenden Verschlußeinschnitt *v* der Hebelseilscheibe *b* ein, wenn sie beim Blocken niedergedrückt wird. Die vordere Unterecke des Verschlusses übergreift zu diesem Zwecke die Hebelseilscheibe, die beiden Durchbrüche der Gehäusewände sind dichtschließend den Konturen des Scheibenkranzes angepaßt.

Die mechanische Druckknopfsperre wird durch einen Ansatz *c* der Sperrstange *f* bewirkt, dieser stützt sich in Ruhelage (entblockt) auf den Oberschenkel *d* auf, die Sperrstange *f* kann dann also nicht gedrückt werden.

Der Sperrhebel *d* hält sich dabei in seiner Ruhelage durch federnde Selbstabfangung mittels des Winkelhebels *e*.

Die Auslösung der Druckknopfsperre erfolgt beim Umlegen des Stellhebels *e* durch den Auslösehebel *g*. Dieser ist durch die Kulisse *b* in der Hebelscheide *B* zwangläufig geführt und wird durch den ablenkenden Ast b^1 am Ende der Hebelstellbewegung so gedreht, daß ein zweiter Arm Sperrhebel *d* ausrückt, wobei Winkelhebel *e* gleichzeitig die Abfangung durch Sperrhebel *d* verliert, nach oben schnellt und sich jetzt gegen Sperrstangenansatz *c* stützt.

Durch diese Drehung von Winkelhebel *e* wird gleichzeitig eine von der Signalhebelstellung nunmehr völlig unabhängige Festhaltung des ausgerückten Zustandes von Sperrhebel *d* bewirkt, der Stellhebel kann also wiederholt gezogen und zurückgelegt werden. Bei der nun folgenden Abwärtsbewegung von Sperrstange *f*, also der nur in Ruhelage des Signalhebels möglichen Blockung wird der Winkelhebel *e* in seine ursprüngliche Lage wieder zurückgedrückt. Gleichzeitig geht die Abstützung des noch ausgerückt bleibenden Sperrhebels *d* auf den jetzt niedergedrückten Ansatz *c* der Sperrstange über. Sobald dann infolge Entblockung die Sperrstange *f* wieder hochspringt, verliert Sperrhebel *d* auch diese Abstützung und wird durch den auf ihn wirkenden Federzug wieder in seine sperrende Grundlage, d. h. unter Stangenansatz *e* zurückgebracht, es ist dann die mechanische Druckknopfsperre von neuem hergestellt.

Neben dem mechanischen Sperrwerk ist eine Kontakteinrichtung *C* angeordnet. Diese wird, da sie an einem dritten Arm des Auslösehebels *g* angeschlossen ist, gleichzeitig und zwangläufig mit betätigt, also geschlossen und schaltet dadurch die Leitung des Batteriestromkreises für die Auslösung der am zugehörigen Endfeld vorhandenen elektrischen Druckknopfsperre an diese an.

Diese vom Zuge selbst durch Schließen des Stromkreises (mittels Schienenkontaktes) bewirkte Auslösung kann also nur während der Fahrtstellung des Signalhebels eintreten.

Die Kontakteinrichtung C wird den jeweiligen Schaltungsarten entsprechend mit 1 bis 3 Stromschlußstellen (m_1, m_2 und m_3) ausgeführt. Diese werden durch Aufwärtsbewegung der Stange S gleichzeitig geschlossen und sind als Schleifkontakte ausgebildet, so daß das hierbei bedingte ständige Blankreiben der Kontaktflächen einen stets sicheren Leitungsschluß gewährleistet.

Die Leitungsdrähte werden von hinten durch eine Öffnung ins Fundament zwischen die beiden Hebelböcke eingezogen und von hier aus durch isolierte Löcher in den Boden der Verschlußgehäuse den einzelnen Kontaktklemmen unmittelbar zugeführt, sie liegen also vollständig gesichert und sind doch bequem einzuführen.

Die Stellhebel sind für gewöhnlich für 500 mm Leitungsweg eingerichtet. Die Abführung der Drahtzugdoppelleitungen erfolgt über Vertikalablenkungen. Diese sind auf dem Fundament des Hebelwerks gleich mit angeordnet und so durchgebildet, daß sie in beliebiger Höhenlage unter dem Budenfußboden und für jede Abführungseinrichtung passen, also den jeweiligen Anforderungen des Aufstellungsortes entsprechend eingestellt werden können. Die Befestigung des Apparates erfolgt zweckmäßig direkt an einer Wand der Wärterbude, die Raumbeanspruchung wird dadurch, da übrigens an und für sich gegenüber anderen Apparatenformen eine geringe ist, auf ein Minimum herabgedrückt. Es kann jedoch eine vollständig freie Aufstellung des Apparates erfolgen. (D.R.P. 154334.)

Die vom Hebelwerk nach den Signalen und Vorscheiben ohne Unterbrechung durchgeführten Drahtzüge werden in ihren ganzen Längen durch Spannwerke in der für den Betrieb erforderlichen Ruhespannung erhalten und bei Drahtbruch im Sinne der Haltstellung der Signale zwangläufig bewegt.

Streckenblockung für eingleisige Bahnen.

Auf eingleisigen Bahnen ist die Sicherung des Zugverkehres so zu gestalten, daß zwischen zwei Bahnhöfen nicht nur in gleicher Richtung fahrende Züge im nötigen Raumabstand voneinander gehalten, sondern auch Gegenfahrten ausgeschlossen werden. Zu diesem Zwecke ist außer dem für jede Richtung erforderlichen Anfangfeld und Endfeld noch ein weiteres Feld für die Herfahrterlaubnis, das sog. Streckenbesetzungsfeld erforderlich. Die auf die Strecke weisenden Ausfahrsignale beider Bahnhöfe, zwischen denen Streckenblockung besteht, sind in Grundstellung durch ihr Anfangfeld geblockt.

Soll eine Zugfahrt stattfinden, so blockt die den Zug annehmende Zugmeldestelle ihr Streckenbesetzungsfeld und gibt damit das Anfangfeld auf dem anderen Ende des Streckenabschnittes frei. Durch Blocken des Streckenbesetzungsfeldes wird das Ausfahrsignal, das an der die Herfahrt erlaubenden Blockstelle schon durch das Anfangfeld in Haltstellung verschlossen ist, nochmals festgelegt. Es wäre also selbst für den Fall, daß von der anderen Seite eine Fahrerlaubnis erteilt werden würde, nicht möglich, das Ausfahrsignal in Fahrstellung zu bringen.

Nach Ausfahrt des Zuges bringt dieser das Ausfahrsignal selbsttätig mittels der elektrischen Armkuppelung in Haltstellung.

Der Wärter verschließt durch Blocken des Anfangfeldes den Signalhebel in der Haltlage, betätigt hierbei das Streckenbesetzungsfeld und sendet Strom nach dem anderen Ende des Streckenabschnittes. Dieser macht dort das Endfeld frei und meldet damit den Zug vor.

Sobald der Zug vom Ende des Streckenabschnittes an dem auf „Fahrt“ stehenden Einfahrsignal vorbeigefahren ist, und eine Stromschlußvorrichtung betätigt hat, die eine elektrische Druckknopfsperre am Endfeld auslöst, kann eine Freigabe des Streckenabschnittes durch Bedienen des Endfeldes erfolgen.

Das Einfahren eines Zuges in einen besetzten Streckenabschnitt wird also dadurch ausgeschlossen, daß das Streckenbesetzungsfeld geblockt bleibt, bis der voraufgefahrene Zug den Streckenabschnitt verlassen hat.

Es kann aber auch während einer Zugfahrt keine Gegenfahrt stattfinden, da das Anfangfeld für diese Fahrt durch Einrichtung einer Stromunterbrechung im Blockwerk der anderen Blockstelle nicht entblockt, das Signal also nicht auf Fahrt gestellt werden kann.

Fig. 19a, zeigt die betreffende Schaltung.

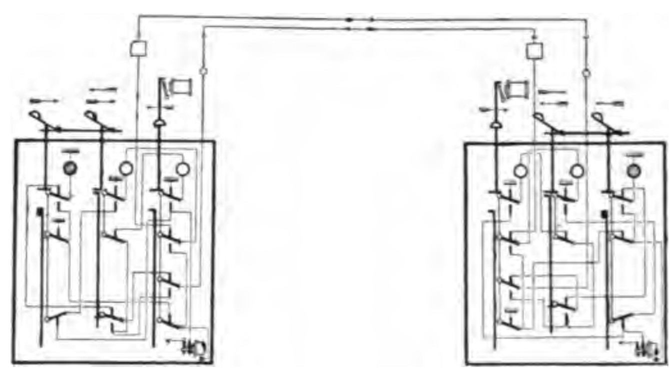


Fig. 19a.

Die Streckenblockung läßt auch die Einschaltung von Streckenblockstellen zu. Sie wird, ähnlich wie eine Streckenblockstelle für zweigleisige Bahnen, in der vierfeldrigen Form ausgebildet. Für jede Richtung erhält die Streckenblockstelle je ein Anfang- und ein Endfeld.

Die Erteilung der Herfahrterlaubnis geschieht genau so wie bei der Blockung ohne Streckenblockstelle. Sobald ein Zug an der Streckenblockstelle vorbeigefahren ist, kann die Zustimmung für eine Fahrt in der gleichen Richtung gegeben werden. Die Erlaubnis für eine Gegenfahrt bleibt jedoch so lange ausgeschlossen, bis der Zug an der am anderen Ende der Strecke gelegenen Zugmeldestelle angekommen ist.

Eine erweiterte Form der Streckenblockung für eingleisige Bahnen findet in neuerer Zeit ausschließlich Anwendung. Durch diese werden noch die nachstehenden zwei weiteren Bedingungen erfüllt.

1. Die einmal erteilte Fahrerlaubnis kann erforderlichenfalls blockelektrisch wieder zurückgegeben werden, solange die Einfahrt eines Zuges in einen Streckenabschnitt noch nicht erfolgt ist, also das Ausfahrsignal noch nicht auf Fahrt gestellt ist.

2. Die Erlaubnis zur Einfahrt eines Zuges in den Streckenabschnitt (Gegenfahrt) kann schön erteilt werden, wenn noch ein Zug in entgegen-

gesetzter Richtung unterwegs ist. Dies ist bei den sog. spitzen Kreuzungen zur Ermöglichung eines schnellen Zugverkehres erwünscht, da dann nach Einfahrt eines Zuges in eine Station sofort ein Zug in entgegengesetzter Richtung abgelassen werden kann.[1])

In jedem Blockfeld der Stationen sind vier Blockfelder erforderlich und zwar ein Anfangfeld, ein Endfeld, ein Erlaubnisfeld — zur Erteilung der Erlaubnis für die Fahrt eines Zuges nach der anderen Station — und ein zweites Erlaubnisfeld, mit dem die Erlaubnis zu einer Fahrt von der anderen Station aus empfangen wird.

Die Anordnung unterscheidet sich daher von der vorbeschriebenen dreifeldrigen Form im wesentlichen dadurch, daß das Streckenbesetzungsfeld in zwei Felder, ein gebendes und ein empfangendes Erlaubnisfeld zerlegt ist.

Die Bedienungsvorgänge seien (Fig. 19b) für eine Zugfahrt von Station *A* nach Station *B* unter der Annahme erläutert, daß sich zwischen diesen

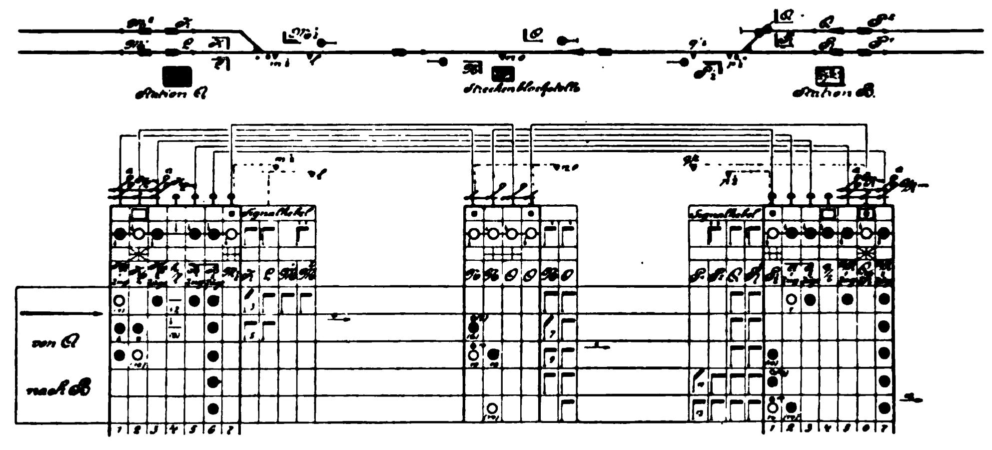


Fig. 19b.

Stationen eine Streckenblockstelle befindet; es wird dann ein vierteiliges Streckenblockwerk eingerichtet.

Die Endblockstellen *A* und *B* erhalten je zwei gebende und empfangende Erlaubnisfelder, von diesen wird das eine Paar für die Zugfahrt zwischen *A* und der Streckenblockstelle, das andere für die Fahrt zweier Züge zwischen *A* und der Streckenblockstelle und zwischen letzterer und *B* sowie in umgekehrter Richtung benutzt. Anfang- und Endfeld jeder Endblockstelle hängt in üblicher Weise mit den entsprechenden Anfang- und Endfeldern der Streckenblockstelle zusammen.

Die Erlaubnis zur Einfahrt des ersten Zuges von *A* in den Streckenabschnitt wird in Station *B* durch Bedienen des Erlaubnisfeldes *2* (für einen Zug) erteilt, Bedienungsvorgang 1).

Ist der Zug in den Streckenabschnitt zwischen *A* und der Streckenblockstelle eingefahren, und das Anfangsfeld *2* in *A* geblockt (Vorg. 6), so kann Einfahrt eines zweiten Zuges durch Bedienen des Erlaubnisfeldes *3* in *B* (für zwei Züge) erlaubt werden.

Der zweite Zug kann aber nicht in den Streckenabschnitt zwischen *A*

1) Zentralblatt der Bauverwaltung 1905, S. 629 ff.

und der Streckenblockstelle eingelassen werden, solange eine Blockung des Abschnittes durch das Anfangfeld *2* in *A* besteht.

Erst nachdem der erste Zug in den Abschnitt zwischen der Streckenblockstelle und Station *B* eingefahren ist und die Streckenblockstelle den Abschnitt zwischen ihr und Station *A* freigegeben hat (Vorg. 10) kann der zweite Zug von *A* abgelassen werden. Es können sich also die Züge im Blockabstand folgen.

Eine Zurückgabe der erteilten Erlaubnis ist möglich, solange der Stromabschneider[1]) in Feld *4* noch nicht betätigt ist.

Während ein Zug oder zwei Züge unterwegs sind, kann von der anderen Seite — hier von *A* aus — durch Bedienen des Erlaubnisfeldes *5* (für ein Zug) bereits die Erlaubnis für eine Gegenfahrt von *B* nach *A* gegeben werden.

In entgegengesetzter Richtung kann dagegen die Fahrt nicht eher erfolgen, bis die von *A* abgefahrenen Züge in *B* angekommen und blockelektrisch zurückgemeldet sind; denn solange eines der Erlaubnisfelder *2* und *3* in *B* noch geblockt ist, sind die Ausfahrsignale verschlossen.

Die Erlaubnisfelder *2* und *3* werden erst frei durch Blocken des Endfeldes *1* in *B* und zwar wird, wenn beide Felder geblockt, also zwei Züge angenommen sind, beim Blocken des Endfeldes zuerst Erlaubnisfeld *3* für zwei Züge und erst nach Einfahrt des zweiten Zuges durch nochmaliges Blocken des Endfeldes das Erlaubnisfeld *2* für den ersten Zug frei.

Besondere Abhängigkeiten zwischen den Signalfeldern und Anfangfeldern sind nicht erforderlich, wenn sich die Anfang- und Endfelder in Stellwerken mit Bahnhofsblockung befinden. Zwischen Endfeld und den für das Einfahrsignal vorhandenen Signalfeldern ist dagegen eine Abhängigkeit zu schaffen, um zu verhindern, daß auf eine einmalige Einfahrerlaubnis hin mehr als ein Zug aus der Strecke in den Bahnhof eingelassen wird.

Um nun die Möglichkeit auszuschließen, daß nach Einfahrt eines Zuges in den Bahnhof für den Fall, daß das Signalfeld nicht geblockt wird, ein zweiter Zug — durch Herstellen des durch das Endfeld nicht verschlossenen Einfahrsignales — eingelassen wird, ohne daß vom Fahrdienstleiter die Zustimmung gegeben ist, wird zwischen Endfeld und die Signalfelder für das Einfahrsignal ein besonderes Blockfeld, das Signalverschlußfeld, eingeschaltet. Die Blocktaste dieses Feldes ist mit der des Endfeldes gekuppelt und kann daher mit letzterem zusammen bedient werden.

In geblockter Lage hält es das Einfahrsignal fest und wird erst beim Bedienen eines der zugehörigen Signalfelder, d. h. bei Rückgabe der Einfahrerlaubnis an den Fahrdienstleiter wieder frei.

Fig. 20 stellt die Schaltung zwischen Endfeld, Signalverschlußfeld und Signalfeld dar.

Die Kontakte *4*, *15*, *16* an den Verlängerungsstangen sollen bei einer Bedienung der Blockfelder in unvorschriftsmäßiger Reihenfolge eine Störung des Blockbetriebes ausschließen. Es soll nämlich zuerst das Endfeld gemeinsam mit dem Signalverschlußfeld und dann das Signalfeld bedient

1) Ein Apparat in Form eines Blockfeldes in das Blockwerk eingebaut, der die Ausfahrsignalhebel verschließt. Er ermöglicht die Rückgabe der erteilten Erlaubnis, solange das Ausfahrsignal noch nicht auf Fahrt gestellt und die Einfahrt des Zuges in den Streckenabschnitt noch nicht erfolgt ist.

werden. Das geblockte Signalverschlußfeld wird bei Blockung des Signalfeldes wieder entblockt. Wird dagegen das Signalfeld versehentlich vor dem Signalverschlußfeld geblockt, so kann auf diesem Wege keine Entblockung des Signalverschlußfeldes vorgenommen werden. Die genannten Kontakte leiten nun den Induktorstrom derart, daß bei schon geblocktem Signalfeld das Signalverschlußfeld überhaupt nicht geblockt werden kann. Bei nicht vorhandener Bahnhofsblockung kommt das Signalverschlußfeld in Wegfall.

Die Abhängigkeit von dem Signalhebel ist hierbei derart einzurichten, daß auch bei geblocktem Endfeld die abhängigen Signalhebel in der Halt-

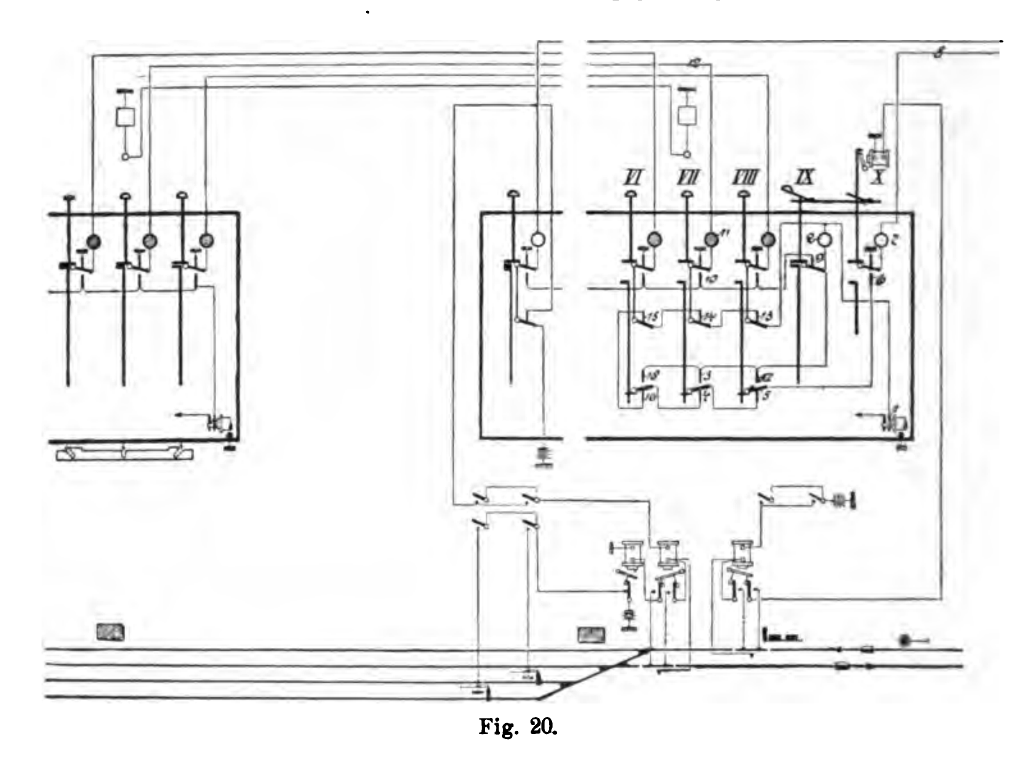


Fig. 20.

stellung nicht festgelegt sind, damit auch bei verspätetem Eingehen der Vormeldung die Fahrstellung der Signalhebel nicht verhindert wird.

Für die vorstehend beschriebenen Blocksysteme mit teilweiser Selbsttätigkeit sind die wesentlichen Grundlagen in den nachstehend auszugsweise abgedruckten „Grundsätzen für die Ausführung der elektrischen Blockeinrichtungen auf den preußisch-hessischen Staatsbahnen nebst Ausführungsbestimmungen“ enthalten, von denen hier die Bestimmungen über allgemeine Anordnung der Blockeinrichtungen, ferner über die Einrichtungen für Stations- und Streckenblockung in Frage kommen.

Anschließend an diese sind dann noch ein Teil der „Ausführungsbestimmungen zu den Grundsätzen für die Ausführung der elektrischen Blockeinrichtungen nach der vierfeldrigen Form“ zum Abdruck gelangt.

Die nach den dort gegebenen Grundsätzen insbesondere von der Firma Siemens & Halske konstruierten Blockapparate haben in vieler Hinsicht

vorbildlich für die Konstruktion von Zugsicherungseinrichtungen auch in außerdeutschen Ländern gewirkt.

I.

Auszug aus den Grundsätzen für die Ausführung der elektrischen Blockeinrichtungen auf den preußisch-hessischen Staatsbahnen nebst Ausführungsbestimmungen.

B. Allgemeine Anordnung der Blockeinrichtungen.[1])

4. Die Blockeinrichtungen sind so auszubilden, daß in der Ausführung der Bedienungshandlungen ein Zwang besteht, der die durch die Verschlußtafel vorgeschriebene Reihenfolge dieser Handlungen sichert.

5. Für jedes Blockfeld muß an der Vorderwand des Blockwerkes eine verglaste Öffnung vorhanden sein, hinter der eine volle weiße oder eine volle rote Scheibe sichtbar ist, je nachdem die Fahrt, für die das Blockfeld gilt, erlaubt oder verboten ist. Die Blockwerke sind so aufzustellen, daß die Scheiben der Blockfelder sich etwa 1·50 m über dem Fußboden befinden.

6. Solange die Scheibe sich bewegt, darf ein aus dem verschlossenen in den freien Zustand übergehendes Blockfeld nicht bedient werden können.

7. Diejenigen Teile der Blockwerke, die dem Angriffe durch die Signalfahrstraßen- und Weichenhebel oder Verschlußknebel unterliegen, müssen so angeordnet sein, daß sie die elektrisch angetriebenen Teile des Blockfeldes nicht störend belasten.

8. Die Blockfelder sind so einzurichten, daß Eingriffe der bedienenden Beamten nicht stattfinden können. Sind für einzelne Blockverbindungen Abweichungen von der regelmäßigen Bedienungsart zeitweise oder für bestimmte Zugfahrten erforderlich, so können zur Vornahme des Farbenwechsels auf elektrischem Wege besondere Vorrichtungen angebracht werden. Diese Vorrichtungen müssen unter Verschluß gehalten werden.

9. Die Blockwerke erhalten Anschriften, die bei jedem Blockfelde mit den Bezeichnungen auf der Bedienungstafel übereinstimmen. Außerdem sind auch die Buchstaben der Fahrwege anzugeben. Das Wort „Einfahrt" in der Anschrift an den Blockwerken ist in roter, alles übrige in schwarzer Farbe auf weißem Grunde zu schreiben.

10. An größeren Blockwerken muß aus den Anschriften ersichtlich sein, mit welcher Blockstelle das Feld zusammen arbeitet. Dabei bedeutet ein Pfeil mit nach oben gerichteter Spitze ↑, daß das Feld durch Stromgebuug, ein Pfeil mit nach unten gerichteter Spitze ↓, daß das Feld durch Stromempfang den im Kopfe der Verschlußtafel angegebenen Zustand ändert.

11. Für jedes Blockfeld mit oberirdischer Leitungsführung ist eine Blitzschutzvorrichtung vorzusehen.

12. Die Zuleitungen zu den Blockwerken und den Blitzschutzvorrichtungen sollen in den Diensträumen so weit unzugänglich gemacht sein, daß sie allen absichtlich oder unabsichtlich herbeigeführten Einwirkungen, die den Stromlauf ändern können, entzogen sind.

13. Sind die zusammenarbeitenden Blockstellen über Rufweite vonein-

1) Erläuterungen zu einigen Punkten derselben siehe Zentralblatt der Bauverwaltung 1901, S. 180 (Fink).

ander entfernt, so sind sie mit Fernsprechern auszurüsten, sofern nicht besondere Verhältnisse Morseverbindungen erforderlich machen.

C. Einrichtungen für die Stationsblockung.

14. Die Stationsblockung wird ausgeführt

a) um die Signalgebung für die Zugfahrten in die und aus der Station von den Stellen abhängig zu machen, die bei der Zulassung der Fahrten mitzuwirken haben und für die Erfüllung ihrer Vorbedingungen verantwortlich sind,

b) um zu verhindern, daß gleichzeitig feindliche Signale gegeben werden;

c) um Weichen nach Vorschrift der Betriebsordnung § 46, 2 und 46, 4 für die Zugfahrten zu sichern.

15. Die Blockfelder, die dazu dienen, Signale und Weichen festzulegen und freizugeben, heißen Signalfelder, Fahrstraßenfelder oder Zustimmungsfelder.

Signalfelder halten die Signale in der Grundstellung verschlossen.

Fahrstraßenfelder machen die Fahrstellung eines freigegebenen Signals abhängig von der vorherigen Festlegung der Fahrstraße im eigenen Stellbezirke, um vorzeitige Weichenumstellung nach Einziehung des Fahrsignals zu verhindern.

Zustimmungsfelder machen die Fahrstellung der Signale abhängig von der Festlegung der Weichen in anderen Stellbezirken.

16. Die zur Signalgebung bestimmten Blockfelder sind so anzuordnen, daß sie sich unter ständiger Aufsicht oder unter Verschluß befinden, und von dem für die Zulassung der Fahrt zuständigen Beamten leicht erreicht werden können.

17. Die gleichzeitige Bedienung feindlicher Signalfelder ist im Blockwerke der Freigebungsstelle auch dann auszuschließen, wenn die gleichzeitige Signalgebung schon durch das Stellwerk verhindert wird.

18. Fahrstraßen- und Zustimmungsfelder sollen von der Stelle aus wieder freigegeben werden, die mit Sicherheit beurteilen kann, ob die durch die Blockverbindung gesicherten Weichen vom Zuge durchfahren sind und die Weichenverriegelung aufgehoben werden kann.

D. Einrichtung für die Streckenblockung.

20. Durch die Streckenblockung wird bezweckt, jedes einen besetzten Streckenabschnitt deckende Signal einer Zugfolgestation so lange in der Haltstellung festzulegen, bis es von der in der Fahrrichtung vorwärts gelegenen Zugfolgestation freigegeben ist.

21. Zur Erreichung dieses Zweckes sind die Zugfolgestationen mit Blockwerken auszurüsten, deren Blockfelder untereinander und mit den Signalen der eigenen Station in Abhängigkeit stehen und allgemeine Streckenblockfelder genannt werden.

22. Die Abhängigkeit der Blockwerke untereinander ist auf den Stationen zu unterbrechen, auf denen Züge beginnen oder endigen, oder auf denen ein Überholen oder Kehren von Zügen stattfindet. Diese Stationen, Zugmeldestationen heißen Blockendstationen und die für jede Streckenblocklinie erforderlichen Blockfelder Anfangs- und Endfelder.

23. Die Streckenblockeinrichtungen kommen in zwei Formen zur Ausführung. In der einfachen Form wird der jeweilige Zustand der einzelnen Blockstrecke „frei“ oder „besetzt“ nur an deren Anfangspunkt durch ein Blockfeld angezeigt. Auf den zwischen den Blockendstationen liegenden Zugfolgestationen, Streckenblockstationen, erhalten alsdann die Blockwerke nur ein Blockfeld für jede Fahrrichtung, das Durchgangsblockfeld genannt wird, zweifeldrige Form.

Bei der erweiterten Form der Streckenblockeinrichtungen ist die Einrichtung so zu treffen, daß der Zustand jeder einzelnen Blockstrecke nicht nur an deren Anfangspunkt, sondern auch am Endpunkt durch ein Blockfeld angezeigt wird. In diesem Falle erhalten die Blockwerke der Streckenblockstationen zwei Blockfelder, und zwar ein Anfangs- und ein Endfeld für jede Fahrrichtung, vierfeldrige Form.

24. Die Streckenblockung in der zweifeldrigen Form soll folgenden Anforderungen entsprechen:

a) durch die Bedienung eines Durchgangsblockfeldes wird das eigene Signal festgelegt und das Signal der in der Fahrrichtung rückwärts liegenden Blockstelle freigegeben;

b) das durch die Bedienung eines Durchgangsblockfeldes auf „Halt“ festgelegte eigene Signal darf erst wieder gestellt werden können, wenn es durch die in der Fahrrichtung vorwärtsliegende Blockstelle freigegeben ist;

c) die Bedienung eines Streckenblockfeldes darf nur einmal möglich sein, nachdem das zugehörige Signal auf „Fahrt“ und wieder auf Halt gestellt ist, mechanische Druckknopfsperre;

d) fällt die Streckenblockstation mit einer Bahnabzweigung zusammen, so sind für beide Bahnen Durchgangsblockfelder anzuordnen. Ist die abzweigende Bahn nicht mit Streckenblockung ausgerüstet, so sind für die Fahrt von und nach dieser Bahn Anfangs- und Endfeld vorzusehen. Zwischen den einzelnen Blockfeldern ist die zur Erreichung des Bedienungszwanges erforderliche Abhängigkeit herzustellen;

e) der Farbenwechsel des Endfeldes auf Blockendstationen ist durch die das Abschlußsignal bedienende Stelle, oder durch die vorhergehende Blockstelle, Vorblockung, zu bewirken. Zur Erhöhung der Sicherheit gegen wiederholte Bedienung des Endfeldes für den nämlichen Zug kann auch eine zweite Stelle der Station zur Mitwirkung bei der Blockbedienung herangezogen werden;

f) auf Blockstrecken mit Doppelleitung soll die Schaltung der Streckenblockfelder derart ausgeführt werden, daß die in dem einen der beiden Drähte arbeitenden Ströme nur in der einen Richtung, die in dem anderen Drahte arbeitenden Ströme nur in der entgegengesetzten Richtung wirken;

g) zur Vormeldung der Züge sind Wecker anzuordnen.

25. Die Streckenblockung in der vierfeldrigen Form soll folgenden Anforderungen entsprechen;

a) durch die Bedienung des Anfangsfeldes, Ziffer 23, wird das eigene Signal auf „Halt“ festgelegt und der Zug gleichzeitig an die in der Fahrrichtung vorwärtsliegende Blockstelle vorgemeldet;

b) durch die Bedienung des Endfeldes, Ziffer 23, wird das Signal der rückwärts liegenden Blockstelle freigegeben;

c) die Bedienung des Endfeldes darf nur einmal möglich sein, nachdem das zugehörige Signal auf „Fahrt“ und wieder auf „Halt“ gestellt ist, mechanische Druckknopfsperre;

d) auf Streckenblockstationen erhält das Anfangsfeld und das Endfeld für die nämliche Fahrrichtung eine Gemeinschaftstaste, die die gleichzeitige Bedienung beider Blockfelder sicherstellt;

e) bei Bahnabzweigungen sollen die Anfangsfelder für die abzweigende Bahn mit dem Endfelde der durchgehenden Bahn in beiden Fahrrichtungen derart verbunden werden, daß die unter a) bis d) gestellten Bedingungen erfüllt sind;

26. Für beide Formen der Streckenblockung ist folgendes maßgebend:

a) die Blockendstationen erhalten nur je ein Anfangsfeld für jedes von der Station ausgehende Streckenhauptgleis, auch wenn mehrere auf dieses weisende Ausfahrsignale vorhanden sind. Ebenso ist nur je ein Endfeld für jedes in die Station einmündende Streckenhauptgleis anzuordnen, mag das Abschlußsignal zur Kennzeichnung verschiedener Einfahrwege auch mehrarmig sein. Die Anfangs- und die Endfelder sind in dem Dienstraume unterzubringen, in dem die Bedienung der Abschluß- und der Ausfahrsignale stattfindet. Abweichende Einrichtungen sind nur unter besonderen Umständen zulässig;

b) auf Blockendstationen muß die Einrichtung eine solche sein, daß bei Einziehung eines Ausfahrsignales alle auf dasselbe Streckenhauptgleis weisenden Ausfahrsignale selbsttätig festgelegt werden, und in der Grundstellung so lange festgelegt bleiben, bis sie von der in der Fahrrichtung vorwärtsliegenden Blockstelle aus freigegeben werden, Hebelsperre;

c) sind die Streckenblockstationen gleichzeitig Haltepunkte oder Haltestellen, so sind die Signalarme für die beiden Fahrrichtungen an getrennten Masten als Ausfahrsignale anzuordnen. Die auf solchen Stationen sonst noch erforderlichen Signale sind nicht als Blocksignale zu verwenden;

d) auf Streckenblockstationen mit Abzweigung sind die Deckungssignale als Blocksignale zu benutzen.

27. Blockeinrichtungen zur Sicherung von Drehbrücken, Bahnkreuzungen, Anschlußgleisen, Tunneln sind nach den vorstehenden Grundsätzen auszubilden.

28. Wenn besondere Betriebsverhältnisse, namentlich da, wo mehrere Bahnlinien nebeneinander liegen, weitere Sicherung notwendig machen, so ist solche durch die Mitwirkung der Züge in Aussicht zu nehmen.

II.

Ausführungsbestimmungen zu den Grundsätzen für Ausführung der elektrischen Blockeinrichtungen, nach der 4 feldrigen Form.

2. α) Blockzwischenstationen.

1. Die Streckenblockwerke müssen für jede Fahrrichtung mit zwei Blockfeldern versehen sein, die in nachstehend beschriebener Weise einzurichten sind:

a) ein von dem Signalhebel unabhängiges Endfeld (I. D. 23) bestehend aus einem regelrechten Blockfelde mit der „Hilfsklinke“ d. h. einer Klinke, die bei unvollständiger Verwandlung der Blockscheibe die Weiterbedienung des Blockfeldes ohne Eingriff ermöglicht, und mit einer außerhalb des Blockgehäuses über dem Felde angebrachten elektrischen Druckknopfsperre, d. h. einer Einrichtung, die das Niederdrücken des Druckknopfes erst zuläßt, nachdem der Zug während der „Fahrt“-Stellung des Signales die rückliegende Blockstrecke verlassen hat. Die in der Grundstellung weiße Scheibe des Endfeldes zeigt dem Blockwärter durch den Farbenwechsel in „Rot“ an, daß der nächste rückwärtsliegende, mit elektrischem Streckenblockwerke ausgerüstete Posten sein Signal nach Vorbeifahrt des Zuges geblockt hat. Bei der Verwandlung von „Weiß“ in „Rot“ wird eine Sperrung des gemeinschaftlichen Druckknopfes des End- und Anfangsfeldes (vgl. 1 c) aufgehoben;

b) ein Anfangsfeld, bestehend aus einem regelrechten Blockfeld mit Hilfsklinke und regelrechter Sperrstange. Das Anfangsfeld soll mit dem Signalhebel in derartiger Abhängigkeit stehen, daß dieser bei geblocktem Anfangsfelde gesperrt, bei entblocktem dagegen frei ist, und daß ferner der gemeinschaftliche Druckknopf erst niedergedrückt werden kann, nachdem das Signal auf „Fahrt“ und wieder auf „Halt“ gestellt ist; mechanische Druckknopfsperre I. D. 24 c der „Grundsätze“.

Die in der Grundstellung ebenfalls weiße Scheibe des Anfangsfeldes wird bei der Blockbedienung in „Rot“ verwandelt, und der durch die Blockbedienung festgelegte Signalhebel wird erst durch den in der Fahrrichtung vorwärts liegenden nächsten mit Streckenblockwerk ausgerüsteten Posten wieder freigegeben.

c) Die beiden zusammengehörigen Blockfelder einer Fahrrichtung sind durch einen gemeinschaftlichen Druckknopf, Gemeinschaftstaste, so zu verbinden, daß sie nur gemeinsam gedrückt werden können.

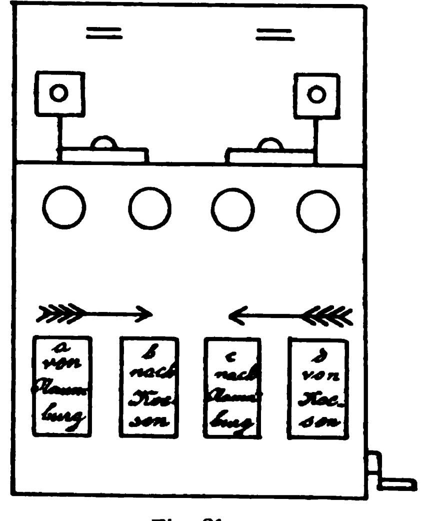


Fig. 21.

d) Blockwecker sind nicht anzuordnen.

2. Der Induktor des Blockwerkes erhält 9 Platten, ausnahmsweise bei langen Blockstrecken auch mehr. Die Kurbel ist in der Regel rechts anzuordnen.

3. Der Signalhebel ist mit einem Stromschließer auszurüsten, der die zum Schienenstromschließer führende Leitung nur so lange schließt, wie das Signal gezogen ist.

4. Der Schienenstromschließer soll in der Regel mittels Schienendurchbiegung nur unter der Last des Zuges wirken, tunlichst nahe der Bude, jedoch nicht unter 30 m hinter dem Blockmaste liegen und durch Kabelleitung mit dem Stellwerke verbunden werden. Der Stromschließer ist für die Mitwirkung der letzten Zugachse einzurichten.

5. Die Gesamtanordnung eines Streckenblockwerkes ist so zu treffen,

daß in Feld 1 und 4 die beiden Endfelder und in Feld 2 und 3 die beiden Anfangsfelder untergebracht werden.

6. Jedes Streckenblockfeld erhält ein Schild mit kurzgefaßter Angabe der Fahrrichtung mit Bezug auf die benachbarte Zugmeldestation, hierbei sind entbehrliche Bezeichnungen wie „Zug", „Richtung", „Gleis Nr." fortzulassen. Die Schilder erhalten schwarze Schrift auf weißem Grunde. Hiernach wird eine Streckenblockstation etwa nach Fig. 21 und 22 einzurichten sein.

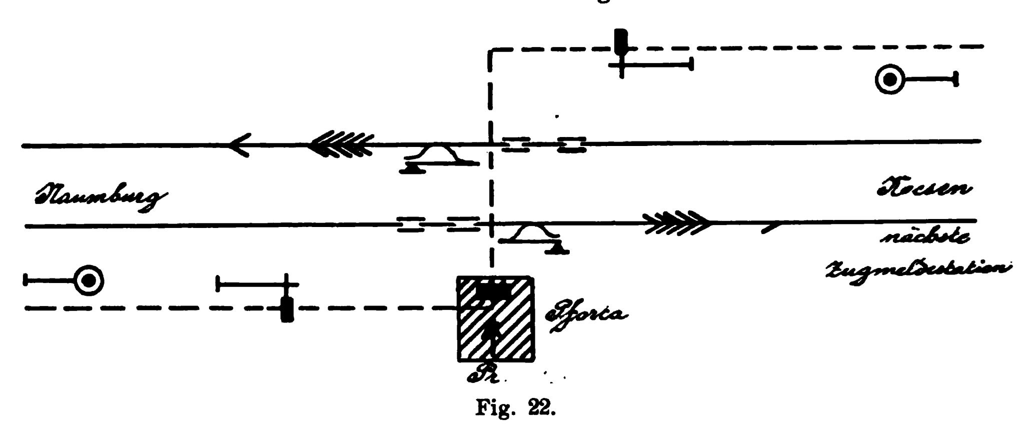


Fig. 22.

Die elektrischen Druckknopfsperren zeigen schwarze Farbscheiben, die sich durch Befahren des Stromschließers in weiße verwandeln. Bei Freigebung der Strecke tritt die schwarze Scheibe wieder vor.

2. β) Block-Endstationen.

1. Auf Block-Endstationen ist für jedes Streckeneinfahrgleis ein Endfeld anzuordnen.

a) Besteht Stationsblockung, so sind die Einfahrsignale von dem Augenblicke an, in dem das Endfeld nach Vorbeifahrt des Zuges geblockt und dadurch die rückliegende Blockstrecke freigegeben ist, bis zu dem Zeitpunkt, in dem die Einfahrsignale nach Entriegelung der Fahrstraße vom Wärter wieder geblockt werden, verschlossen zu halten. Zu diesem Zwecke ist mit dem Endfelde durch eine Gemeinschaftstaste ein weiteres Blockfeld, das „Signalverschlußfeld" zu schalten, daß die Einfahrsignalhebel festlegt, sobald die rückliegende Strecke mittels des Endfeldes freigeben wird. Das Endfeld ist ein regelrechtes Blockfeld mit Hilfsklinke ohne Sperrstange, das Signalverschlußfeld ein regelrechtes Feld mit Hilfsklinke und regelrechter Sperrstange. Die letztere verschließt die Signalhebel bei geblocktem Signalverschlußfelde, und steht durch die mechanische Druckknopfsperre mit dem Signalhebel in Verbindung. Das Signalverschlußfeld ist so zu schalten, daß es entblockt wird, sobald der Wärter das ihm von der Station freigegebene Einfahrsignal wieder blockt. Über dem Endfelde ist eine elektrische Druckknopfsperre anzuordnen, die das Drücken des gemeinschaftlichen Druckknopfes von dem vorherigen Befahren eines Schienenstromschließers abhängig macht.

b) Besteht keine Stationsblockung, erhält also der Wärter den Auftrag zum Ziehen des Signales auf mündlichem Wege durch Morse- oder Fernsprecher, oder werden die Signale von der Station aus bedient, so ist das

Signalverschlußfeld nicht erforderlich. In dem Falle wird das Endfeld als regelrechtes Blockfeld mit Hilfsklinke und regelrechter Sperrstange ausgebildet. Die Signalhebel sind so einzurichten, daß sie die Bedienung des Endfeldes nur in ihrer „Halt"stellung zulassen, von dem geblockten Endfeld aber nicht gesperrt werden, und daß ihre mechanische Druckknopfsperre mit dem Endfelde in Verbindung steht, welches auch eine elektrische Druckknopfsperre erhält.

2. Wo bei vorhandener Streckenblockung in der zweifeldrigen Form das Endfeld in der Block-Endstation mit Stationsblockung so eingerichtet ist, daß es bei Freigebung der rückliegenden Strecke die Einfahrsignalhebel verschließt, und beim Blocken der letzteren durch die Stationsfelder wieder entblockt wird, kann dieses bisherige Endfeld als Signalverschlußfeld benutzt werden. Im Stellwerke sind alsdann keine Änderungen erforderlich, im Blockwerke wird dagegen ein neues Endfeld hinzugefügt. Bei den übrigen Anlagen sind die erforderlichen Sperren und sonstigen Teile in das Stellwerk nachträglich einzusetzen. Das neue Strecken-Endfeld ist entweder in einen freien Platz des Blockwerkes einzubauen oder das letztere ist entsprechend zu erweitern.

3. Die Einfahrsignalhebel erhalten Stromschließer zum Anschließen der Schienen-Stromschließer bei gezogener „Halt"lage. In der Regel ist kurz vor der Eingangsweiche ein für alle Einfahrten gemeinsamer, zur Mitwirkung der letzten Achse eingerichteter Schienen-Stromschließer anzuordnen, durch dessen Befahren die elektrische Druckknopfsperre ausgelöst wird. Wo die Schienen-Stromschließer gleichzeitig zur Auflösung der Einfahrweichenstraße dienen sollen, ist selbstverständlich je einer in jedem Einfahrgleise hinter den zu befahrenden Weichen anzuordnen.

4. Wo die Entblockung der Strecke bereits jetzt von der Zustimmung eines Beamten, der die Vorbeifahrt des Zugschließers zu beobachten hat, zwangsweise abhängig gemacht ist, kann diese Einrichtung als Ersatz für die Mitwirkung des Zuges vorläufig bestehen bleiben, falls hierdurch bisher keine Unzuträglichkeiten entstanden sind.

5. Für jedes Streckenausfahrgleis ist als Anfangsfeld ein regelrechtes Blockfeld vorzusehen, das mit Hilfsklinke, Verschlußwechsel und regelrechter Sperrstange ausgerüstet ist. Das Anfangsfeld steht mit den Signalhebeln in folgender Abhängigkeit. Die Hebel sind bei geblocktem Anfangsfeld gesperrt und nach der Entblockung zu einmaligem Gebrauche frei, wobei aber immer nur ein Hebel gezogen werden kann; das Blockfeld kann erst bedient werden, nachdem der Signalhebel einmal gezogen und in die „Halt"stellung zurückgelegt war, wobei er sich und die auf dasselbe Streckengleis weisenden Ausfahrsignale sperrte.

6. Bei der bisherigen Einrichtung der Ausfahrsignale liegt für den Wärter kein Zwang vor, das Ausfahrsignal hinter dem ausgefahrenen Zug auf „Halt" zu legen, so daß die Ausfahrt eines zweiten Zuges aus demselben Gleis auf das in der „Fahrt"stellung verbliebene Signal nicht ausgeschlossen ist. Zur Beseitigung dieser Möglichkeit, sind die Ausfahrsignale für solche Stationsgleise, aus denen zwei hintereinander führende Züge auf dasselbe Signal ausfahren könnten, also unter allen Umständen die Ausfahrsignale für die Hauptgleise der Durchgangsstationen, mit elektrischen Armkupplungen, „Halt-falleinrichtungen" zu versehen, die die selbsttätige Rückkehr des Signales nach Befahren eines Schienen-Stromschließers in die „Halt"lage bezwecken.

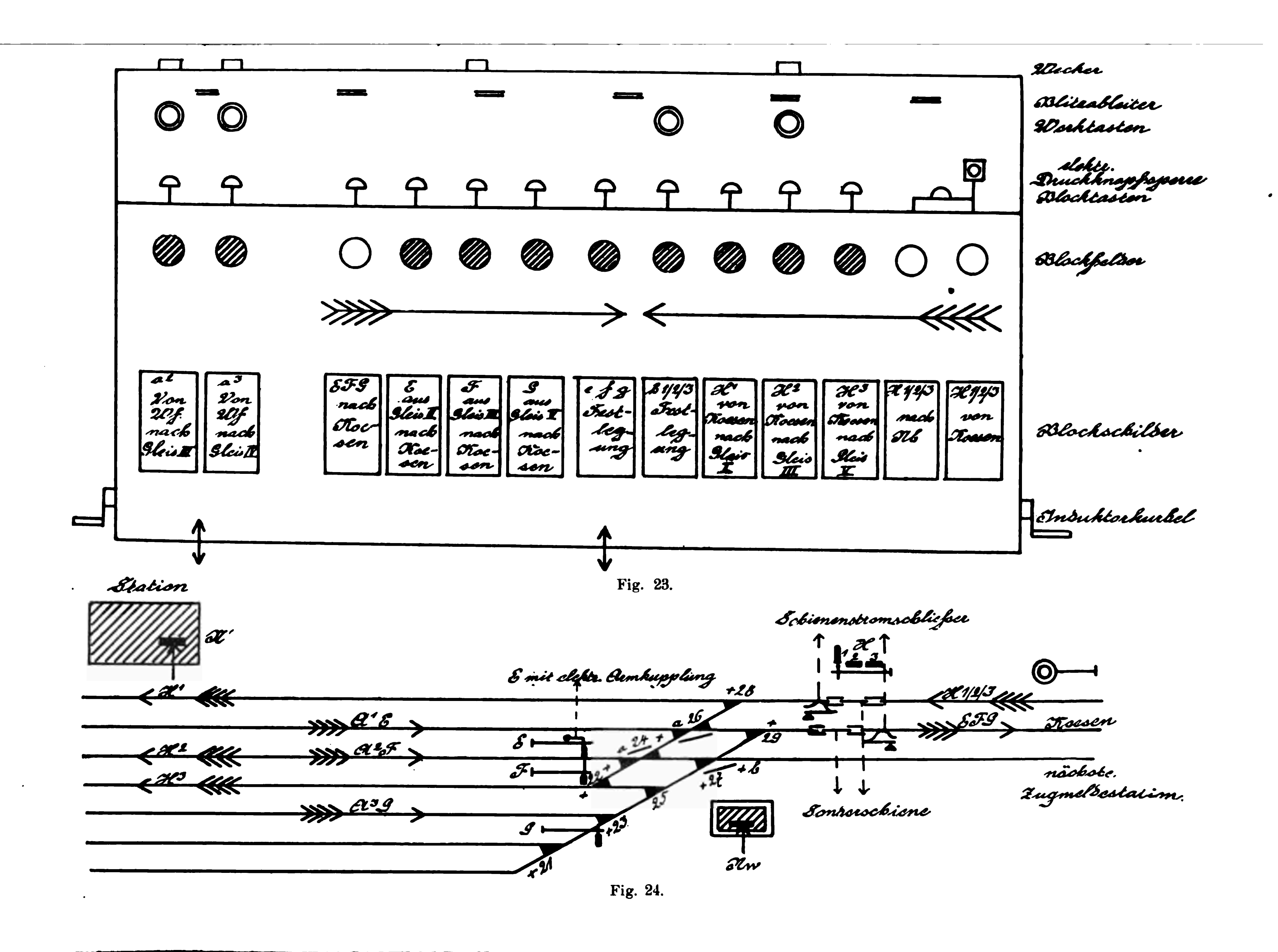

Wecker
Blitzableiter
Wecktasten
elektr. Druckknopfsperre
Blocktasten
Blockfelder
Blockschilder
Induktorkurbel
Station
Schienenstromschließer
E mit elektr. Armkupplung
Koesen
nächste Zugmeldestation.

Fig. 23.

Fig. 24.

7. Die Fahrstraßenhebel der Ausfahrsignale, oder die zur Festlegung der Fahrstraße etwa vorhandenen Sperrfelder, erhalten Stromschließer, durch die die Stromkreise zur Signalarmkupplung und wo solche besteht, zur elektrischen Fahrstraßenauflösung eingeschaltet werden. Die Verbindung ist durch Kabel herzustellen.

8. Der Schienen-Stromschließer 2. α) 4) ist in der Regel kurz hinter der letzten Weiche der Station in das Ausfahrgleis einzubauen, und mit einer Vorrichtung zu versehen, die die letzte Achse des Zuges die unter 6. beschriebene Wirkung auf die Armkupplung ausüben läßt. Wird die Ausfahrweichenstraße durch ein elektrisches Gleichstromsperrfeld festgelegt, so ist die Schaltung so einzurichten, daß mit der Auslösung des Fahrstraßensperrfeldes gleichzeitig der Signalkuppelstrom unterbrochen wird, also nur ein einziger Stromschließer erforderlich ist. Der Stromschließer ist mit den Stellwerken durch Kabelleitung zu verbinden.

9. Für die Streckenblockfelder sind keine Wecker erforderlich.

10. Der Induktor des Blockwerkes erhält 9 Platten.

11. Als Stromquelle für die elektrischen Armkupplungen und elektrischen Druckknopfsperren kommen außer galvanischen Batterien auch Stromspeicher in Frage. Alle durch Batteriegleichstrom zu betreibenden Vorrichtungen müssen mit einer Stromstärke von höchstens 150 Milliampere sicher arbeiten.

12. Die Gesamtanordnung eines Wärterblockwerkes auf Blockendstationen ist bei Neuanlage so zu treffen, daß das Endfeld an dem der freien Strecke zugekehrten Ende des Blockwerkes angeordnet wird. Hiernach folgen in der Richtung nach der Station zu die übrigen Blockfelder in nachstehender Reihenfolge: Signalverschlußfeld, Einfahrfelder, Einfahrfestlegung, Ausfahrfestlegung, Ausfahrfelder, Anfangsfeld. Für die Blockzustimmungen ist die geeignetste Lage nach den örtlichen Verhältnissen zu ermitteln. Jedes Blockfeld erhält ein Schild mit kurz gefaßter Angabe seines Zweckes, wobei alle entbehrlichen Bezeichnungen fortzulassen sind. Die Aufschriften sind mit schwarzer Schrift auf weißem Grunde anzubringen. Hiernach wird ein Wärterblockwerk für Station Nb. etwa nach Fig. 23 und 24 einzurichten sein.

Beispiel eines teilweise selbsttätigen Blocksignalsystems.

Ein teilweise selbsttätiges Blocksignalsystem, mit dem zugleich die Verwendung einer isolierten Bahnstrecke für die Deckung eines Blockabschnittes ersichtlich ist — ein Prinzip, das bei den Blocksignalanlagen mit lediglich von den Zügen beeinflußten Signalen in vielfacher Form Verwendung gefunden hat —, ist das nachstehend beschriebene.

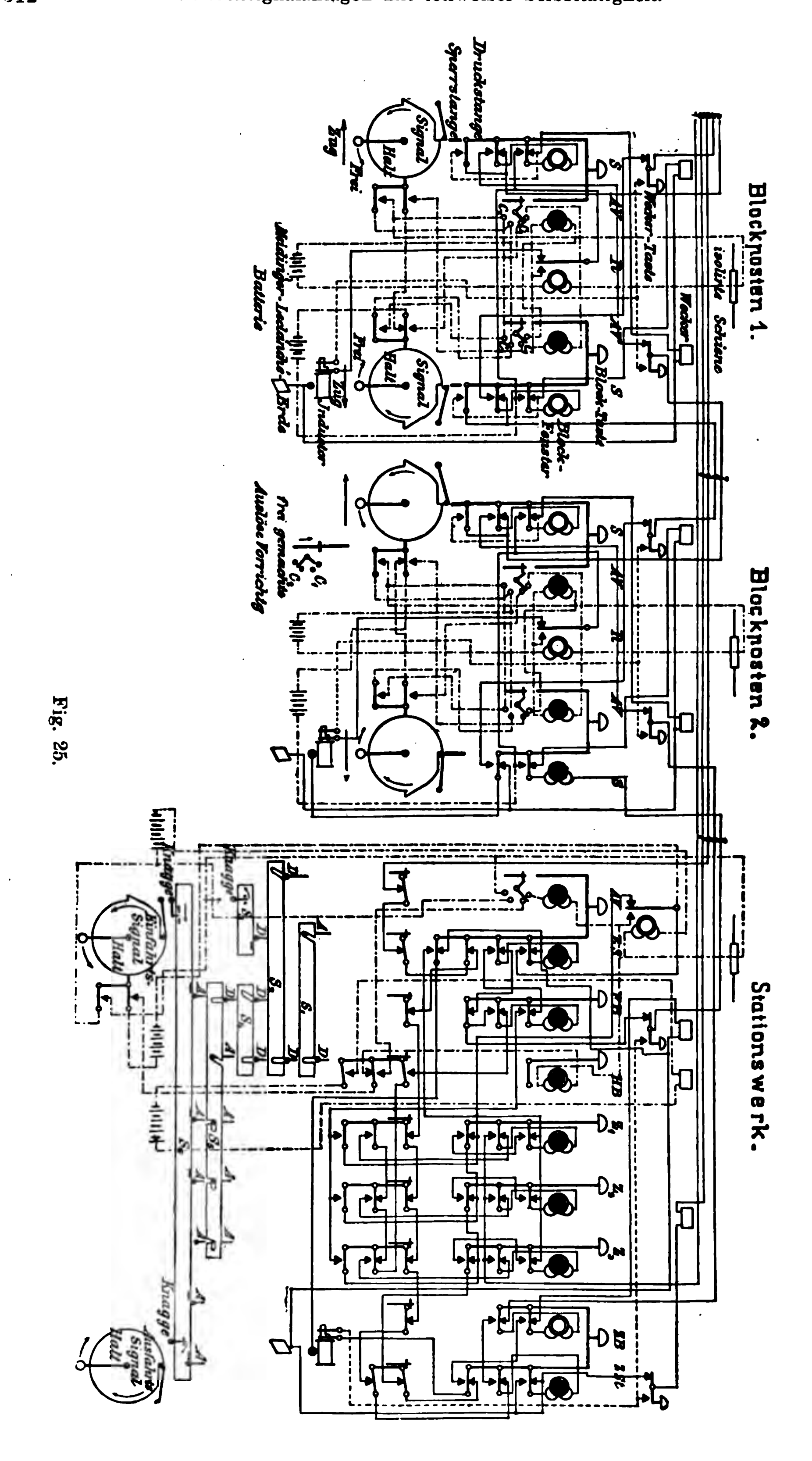
Es ist auf einer österreichischen Schnellzuglinie eingerichtet, sichert Folge- und Gegenzüge und entspricht folgenden Bedingungen.[1])

1. Ein Blockposten kann das Signal des hinter ihm liegenden Postens erst dann frei geben, wenn er nach Passieren des Zuges den Abschnitt nach vorn durch sein Signal gedeckt und es geblockt hat.

2. Diese letzte Handhabung ist erst dann möglich, wenn der letzte Wagen des Zuges eine nächst dem Signal gelegene isolierte Gleisschiene passiert hat.

3. Soll ein Zug von Station A nach Station B abgehen, so muß letzterer

1) Elektrotechn. Zeitschrift 1899, S. 531.



Blockposten 1.
Blockposten 2.
Stationswerk.
isolirte Schiene
Wecker
Signal
Halt
Zug
Frei
Induktor
Erde
Knagge

Fig. 25.

noch die Zustimmung nach A geben, wodurch in B das Ausfahrtsignal verriegelt, das in A frei gemacht wird.

Die Bedingung zu 1. erfüllt der SIEMENSsche Blockapparat (vgl. S. 482).

Die Bedingung zu 2. erfordert die Isolierung einer nächst dem Signale liegenden Bahnschiene, eine solche Isolierung ist durch Ersatz der eisernen Kupplungslaschen gegen hölzerne ölgetränkte Balken und Ausfüllung der Stoßfugen mit isolierendem Material auszuführen.

Beim Befahren eines Zuges durch diese Schiene wird ein Batteriestrom geschlossen, der den Relaisanker R (Fig. 25) anzieht; dieser gibt durch einen Kontaktschluß mittels einer zweiten Batterie eine Auslösevorrichtung AV frei. Die Druckstange dieser ist mit der des Signalblockes S durch eine gemeinschaftliche Blocktaste verbunden, so daß der Signalblock erst dann betätigt werden kann, wenn die Auslösevorrichtung frei gemacht wird. Für den Schluß des blockenden Wechselstromes ist es außerdem nötig, daß der letzte Wagen die isolierte Schiene verlassen hat, wodurch der Relaisanker wieder abfällt und mit seinem Ruhekontakt den Blockstromkreis herstellt.

Während der Haltstellung des Signals ist der Relaisstrom ausgeschaltet. Dies wird dadurch bewirkt, daß das auf „Halt" stehende Signal Kontakte unterbricht und die Auslösevorrichtung, je nachdem sie versperrt oder frei ist, die Doppelkontakte C_1 oder C_2 schließt.

Die Bedingung zu 3. erfordert die Anordnung von Zustimmungsblöcken Z_1, Z_2 und Z_3. Diese sind in gleicher Anzahl wie die Blockabschnitte der betreffenden Stationsstrecke vorhanden und wirken auf einen in der Nachbarstation befindlichen empfangenden Block $Z\,St$.

Ist für einen von Station A abgehenden Zug die erste Zustimmung Z_1 von der Station B gegeben, so kann die zweite Zustimmung Z_2, also das Nachfahren eines zweiten Zuges von A erst dann erfolgen, wenn der erste Zug die isolierte Schiene des der Station A nächstliegenden Postens passiert und der Wärter desselben sein Signal auf Halt gestellt und geblockt hat, also der betreffende Stationsblock $Z\,B$ in der Station A weiß geblendet wurde. Dies gilt für jeden weiteren Folgezug. In Station B wird durch jede von dort aus gegebene Zustimmung das Ausfahrtsignal mittels des Schiebers S_6 versperrt, also dreimal bei drei gegebenen Zustimmungen.

Jeder in die Station B einfahrende Zug gibt durch Befahren der isolierten Schiene die Auslösevorrichtung des Einfahrtsignales frei, dieses kann auf Halt gestellt und geblockt werden, wodurch auch die für den betreffenden Zug gegebene Zustimmung und eine der Verriegelungen des Ausfahrtsignales aufgehoben wird.

Sind z. B. drei Folgezüge von A nach B abgelassen, so müssen alle in B eingefahren sein, ehe das Ausfahrtsignal dort frei wird und nach Zustimmung seitens der Station A ein Gegenzug von B abgelassen werden kann.

In der Station wird gleichzeitig mit der Auslösevorrichtung durch den Batteriestrom auch der sogen. Hilfsblock HB betätigt, er schließt den Stromlauf für die Aufhebung der Zustimmungen Z. Bei Stationen mit unter Blockverschluß stehenden Stellwerken unterbricht den Hilfsblock in gesperrtem Zustande die Stromverbindung des Stellwerkes mit dem nächsten Blockposten und stellt diese nur bei Einfahren des Zuges über die isolierte Schiene her. Eine von der Station falsch gegebene Fahrstraße kann daher vom Stellwärter durch eine eigene, nur auf den Signalblock wirkende Taste geblockt werden, ohne daß das Signal des nächsten Postens frei wird.

Auslösevorrichtung und Hilfsblock werden durch Batteriestrom ausgelöst und ohne Stromabgabe gesperrt. Solange der Hilfsblock ausgelöst ist, läutet ein für denselben angebrachter eigener Wecker.

In den Stationen, die keine unter Blockverschluß stehende Stellwerke besitzen, wirkt das Signal des letzten Blockpostens als Raumabschluß. Die Station gibt daher dieses Signal mit einem eigenen Block *FB* frei.

Das Einfahrtsignal resp. der Stationsblock *ES* sind ebenso durch das Blocken des Signales am letzten Posten frei gemacht.

Eine Abhängigkeit zwischen den Druck- und Sperrstangen der Blockapparate und den Signalen wird durch die horizontalen Schieber *S* bewirkt. Der Schieber S_1 verhindert das Drücken des Hilfsblockes bei frei gestelltem Einfahrtsignal. Der Schieber S_2 verhindert ein gleichzeitiges Drücken der Doppeltaste *AV*, *ES* und des Hilfsblockes; der Schieber S_3 wird durch die das Einfahrtsignal frei gebende Knagge nach links bewegt und sperrt dann die Druckstange des Einfahrtsignalblockes. Der Schieber S_4 verhindert das gleichzeitige Drücken der Blöcke *HB* und *FB*; der Schieber S_5 bewirkt, daß bei frei gegebenem Hilfsblock die Zustimmungen *Z* und der Block *FB* nicht betätigt werden können. Der Schieber S_6 wird von der das Ausfahrtsignal freimachenden Knagge nach rechts bewegt und sperrt dann das Einfahrtsignal auf „Halt“ und auch die Blöcke *FB*, *Z*, *ZB* und *ZSt*, die letzteren sperren umgekehrt durch ihre in der unteren Stellung befindlichen Sperrstangen das Ausfahrtsignal.

Bei Einfahrt in die Station ist der Vorgang folgender:

Posten 2 läutet mit dem Wecker nach der Station vor, die mit dem Blocke *FB* das Signal des Postens 2 frei gibt. Letzterer stellt das Signal auf frei; der Zug gelangt nun auf die nächst dem Posten 2 befindliche isolierte Schiene. Das Relais wird durch den Batteriestrom erregt und macht die Auslösevorrichtung *AV* frei. Nun stellt der Wärter ein Signal auf „Halt“ und kann, nachdem die Relaisanker durch Freiwerden der isolierten Schiene wieder abgefallen ist, das Signal blocken. Hierdurch werden Signal bei Posten 1 und das Einfahrtsignal in den Stationen frei, bzw. die betreffenden Felder zeigen weiß.

Das Einfahrtsignal wird frei gestellt, der Zug befährt die isolierte Schiene nächst dem Einfahrtsignal, der Relaisanker zieht an und der Hilfsblock *HB* und die Auslösevorrichtung *AV* werden frei.

Das Einfahrtsignal kann nun wieder auf „Halt“ gestellt werden und wenn der Relaisanker abgefallen ist, mit der Doppeltaste *AV*, *ES* geblockt werden. Hierdurch zeigen der Stationsblock zur Freigabe des Signales bei Posten 2 *FB* und der Zustimmungsblock *Z* rot, es ist also eine Zustimmung zur Nachbarstation und eine Sperre des Ausfahrtsignales aufgehoben. Der Hilfsblock wird hierauf verschlossen.

Die Ausfahrt erfolgt derart, daß die Nachbarstation mit einem Weckerzeichen zur Freigabe des Zustimmungsblockes *ZSt* aufgefordert wird. Bei Eintreffen der Zustimmung zeigt das betreffende Blockfenster weiß, das Ausfahrtsignal ist, vorausgesetzt daß der Block *ZB* weißes Fenster zeigt, „frei“ zu stellen, dem Blockposten 2 mit dem Wecker vorzuläuten und nach Ausfahrt des Zuges bzw. Haltstellung des Ausfahrtsignales mit der Doppeltaste *ZB*, *ZSt* zu blocken. Hierdurch wird dieses Signal verschlossen und die Blockfenster zeigen rot.

Posten 2 stellt mittlerweile sein Signal auf frei und meldet zum Posten 1 vor. Der Zug befährt die isolierte Schiene, der Relaisanker wird angezogen und gibt die Auslösevorrichtung frei. Nun stellt der Wärter sein Signal auf Halt, blockt nach Abfallen des Relaisankers mit der Doppeltaste AV, S, wodurch der Block ZB in der Station wieder weiß zeigt und die Zustimmung Z_2 von der Nachbarstation für einen Folgezug gegeben werden kann.

II. Blockanlagen mit lediglich von den Zügen beeinflußten Signalen.

Wenn bei diesen rein selbsttätigen Blocksignalsystemen, ihrem Zwecke entsprechend, von der Aufstellung eines Wärters bei jedem Signale abgesehen wird, so muß auch von dem — bei den nur teilweise selbsttätigen Blocksignalen aufgestellten — Grundsatze abgegangen werden, daß ein Zug ein Haltsignal ohne besondere mündliche oder schriftliche Anweisung nie überfahren darf.

Denn da bei dieser Einrichtung ein auf „Halt" stehendes Signal sowohl eine Störung in der Signaleinrichtung, als auch eine besetzte Strecke bedeuten kann, so muß es dem Zuge gestattet werden, trotz des Haltsignales vorsichtig weiter zu fahren, bis wieder ein Fahrsignal die unbeschränkte Weiterfahrt gestattet.

Man erhält so im Gegensatz zu der auf Seite 476 erläuterten unbedingten Blockteilung die bedingte Blockteilung (permissive system).

Für die Sicherheit der Züge besitzt sie aus den eben erläuterten Gründen nicht denselben Wert wie die unbedingte und so wird auch der Wert einer „selbsttätigen Streckenblockung" erheblich eingeschränkt.

Da die selbsttätigen Streckenblocksysteme zumeist bei amerikanischen Bahnen Verwendung finden, mögen hier zunächst einige für dieses Signalsystem besonders in Amerika üblichen Begriffe näher erläutert werden.[1])

Allgemeines über Streckenstromkreise, Vorsignale usw.

Bei der Schaltungsweise der sogenannten Streckenstromkreise sind beide Schienenstänge jedes Fahrgleises innerhalb des Blockabschnittes als Stromleitung benützt und zu Beginn des Abschnittes die Spulen eines Relais und am Ende des Abschnittes eine Batterie zwischen die beiden Schienenleitungen eingeschaltet.

Durch Schluß des Relaisankers wird mittels einer Ortsbatterie das eigentliche Blocksignal gestellt und zwar auf „Halt" bei abgerissenem und auf „Freie Fahrt" bei angezogenem Anker.

Solange der Streckenstrom die Relaisspulen durchläuft, zeigt das Streckensignal freie Fahrt an, fährt jedoch ein Zug in den Blockabschnitt ein, so bilden seine Achsen und Räder eine leitende Verbindung zwischen beiden Schienensträngen, es findet also der sonst ins Relais fließende Strom einen Nebenschluß. Die Relaisspulen werden hierbei nahezu stromlos, der Anker reißt ab und unterbricht auch den Ortsstromkreis, das Blocksignal stellt sich deshalb von „Frei" auf „Halt". Das Signal verbleibt nun in dieser Lage

1) Zeitschrift für Elektrotechnik, Wien, 20. Jahrgang, S. 81. (Kohlfürst.)

so lange, bis der Kurzschluß zwischen beiden Schienensträngen aufhört, d. h. bis wieder Streckenstrom durch die Relaisspulen fließt, also bis der Zug mit seinen sämtlichen Achsen den Blockabschnitt verlassen hat. Bei einem Teil derartiger Streckenstromkreiseinrichtungen stehen nun die Blocksignale nicht wie im eben geschilderten einfachen Fall für gewöhnlich auf „freie Fahrt" und erst bei besetzter Strecke auf „Halt", sondern auch, während die Strecke unbesetzt ist auf „Fahrt verboten". Es sind deshalb bei diesen Anlagen noch besondere Vorkehrungen erforderlich, mittels derer die Züge erst bei ihrer Annäherung die Freistellung des Signals an der Blockstelle bewirken, unter der Vorbedingung, daß sich im voranliegenden Blockabschnitte kein Zug befindet. Die Blocksignale sind häufig durch Vorsignale unterstützt und dann steht letzteres in der Regel gleich neben dem eigentlichen Blocksignal (Hauptsignal) des rückliegenden Nachbarblockabschnittes. Wo keine Vorsignale verwendet sind, übergreifen sich die Blockabschnitte derart, daß der Zug bereits durch das Blocksignal des nächsten Abschnittes vollständig sicher gedeckt ist, bevor den Streckenstromkreis des zu verlassenden Blockabschnittes ganz durchfahren hat und dabei das Fahrverbot hinter sich wieder aufhebt.

In Ergänzung der vorstehenden Ausführungen mögen hier noch die vom Verein der amerikanischen Eisenbahnverwaltungen angenommenen

„Bezeichnungen bei selbsttätigen Blocksignalen"

Aufnahme finden, ferner eine Zusammenstellung der

„Nachrichten, die durch Blocksignale zu geben sind."[1])

Bezeichnungen bei selbsttätigen Blocksignalen.

Blockabschnitte (Block-Canton or Cantonment) ist der genau abgegrenzte Streckenteil, dessen Benutzung durch den Zugverkehr vermittels Blocksignalen geregelt wird.

Blocksignal (Block-signal) ist ein feststehendes Deckungssignal, dessen Aufgabe darin besteht, zu verhüten, daß ein zweiter Zug in einen Blockabschnitt einfährt, solange sich daselbst noch ein anderer Zug befindet.

Haupt- oder Ortssignal (Homesignal) heißt das am Anfange des Blockabschnittes aufgestellte Blocksignal, wann dasselbe durch ein zweites, entferntes Signal unterstützt wird.

Vorsignal (Distant-signal) ist ein feststehendes Signal, das mit einem Hauptsignal in Verbindung steht und den Zweck hat, die Annäherung der Züge an das letztere zu regeln.

Blocklinie oder Blockstrecke (Block-system) ist eine aneinanderschließende Reihe gleichmäßig durch Blocksignale geschützter Blockabschnitte.

Selbsttätige Blocksignale (Automatic Blocks) heißen alle Blocksignaleinrichtungen, bei denen die Signalgebung mit Hilfe irgend einer fernwirkenden Kraft lediglich durch die Züge selbst herbeigeführt wird.

1) Zeitschrift für Elektrotechnik, Wien, 20. Jahrg. S. 112 (Kohlfürst).

Nachrichten, die durch Blocksignale zu geben sind.

Punkt 702. Mittels der Blocksignale sind folgende Nachrichten zu geben:

1. Am Hauptsignal:

	Farbe	Vorbedingung	Bedeutung für d. Lokomotivführer	Benennung d. Signalzeichens
A	rot	Der Blockabschnitt ist nicht fahrbar	Anhalten!	Haltsignal [1])
B	weiß oder grün	Der Blockabschnitt ist fahrbar	Weiterfahren!	Durchfahrtsignal [1])

2. Am Vorsignal:

	Farbe	Vorbedingung	Bedeutung für d. Lokomotivführer	Benennung d. Signalzeichens
C	grün oder rot	Das Hauptsignal verbietet d. Einfahrt	Mit Vorsicht bis zum Hauptsignal fahren	Warnungssignal [2])
D	weiß oder grün	Das Hauptsignal erlaubt die Einfahrt	Weiterfahren!	Durchfahrtsignal [2])

Bemerkung: In Amerika wird (nach englischem Vorbild) das Signalzeichen für freie Fahrt am Mastsignal durch den schräg nach abwärts gerichteten Arm dargestellt.

Punkt 703. Die Blocksignale haben auf die Regelung des Zugverkehrs, wie er durch die Fahrpläne und Stundenpässe vorgeschrieben ist, keinen Einfluß.

Punkt 704. Die Einrichtung der Blocksignale und deren Beachtung enthebt nicht von der Verpflichtung, überall, wo es nötig ist, auch noch andere Signalmittel anzuwenden und denselben strenge Folge zu leisten.

Punkt 705. Von den Blocksignalen dürfen immer nur diejenigen als maßgebend angesehen werden, welche der Fahrtrichtung des Zuges entsprechen.

Punkt 706. Ein durch ein Blocksignal angehaltener Zug darf seine Fahrt wieder fortsetzen:

> Sobald das Signal *B* (Punkt 702) eintrifft, nach Verlauf einer zusätzlichen Wartezeit von drei Minuten, jedoch nur unter Aufwendung besonderer Vorsicht oder unter Vorausschickung eines mit einer Tragfahne ausgerüsteten Signalmannes.

1) Sind Flügelsignale benutzt, so haben jene Arme Geltung, die vom Zuge aus gesehen rechts vom Maste abstehen. Die Signalzeichen werden damit dargestellt für *A* mit wagrecht liegendem, für *B* mit 45° schräg nach abwärts gerichtetem Arm. Sind Scheiben in Anwendung, so entspricht die dem Zuge zugewendete rote Scheibenfläche, bzw. deren Sichtbarkeit dem Signalzeichen *A* und die schmale Scheibenkante bzw. die verdeckte Scheibe dem Signal *B*.

2) Sind Flügelsignale benutzt, so gilt der wagerechte Flügel für *C*, der 45° nach aufwärts gekehrte Arm für *D*. Bei Scheiben bedeutet die sichtbare Scheibenfläche das Signal *C*, die Scheibenkante bzw. die verdeckte Scheibe das Signal *D*.

Punkt 707. Wenn ein untauglich gewordenes Blocksignal angetroffen wird, so darf ebenfalls die Fahrt des Zuges, außer wenn der Lokomotivführer bereits vorher einen ausdrücklichen Gegenbefehl erhalten hat, bis zum nächsten im ordnungsmäßigen Zustand befindlichen Blocksignal nur mit Vorsicht fortgesetzt werden.

Beispiele selbsttätiger Blocksignalsysteme.

Von den auf amerikanischen Bahnen verwendeten rein selbsttätigen Blocksignaleinrichtungen — die übrigens auch in England mehrfach Nachahmung gefunden haben —, sollen zunächst die am meisten verbreitetsten Systeme näher beschrieben werden und zwar

das Hallsche und das Westinghousesche System [1])

Ein grundsächliches Kennzeichen dieser Systeme ist die Anwendung von sichtbaren Signalen, d. h. Scheiben- und Armsignalen, die längs der Bahnlinie neben den Gleisen fest angebracht sind.

Da derartige Signale durch verschiedene Witterungseinflüsse in ihrer Wahrnehmbarkeit erheblich beeinträchtigt werden können und auch eine ständige Bedienung ihrer Lampen erfordern, letzteres aber zu Schwierigkeiten führt, da die amerikanischen Eisenbahnen in der Regel keine ständige Bahnbewachung unterhalten, so ist es als zweckdienlich gehalten worden, solche „stabile" Streckensignale nur innerhalb der Bahnhöfe und in nächster Nähe der Stationen anzubringen, bezüglich der laufenden Strecke jedoch die zur Zugdeckung erforderlichen Signalzeichen mittels Vorrichtungen zu erzeugen, die sich auf den Zügen selber befinden und zwar am Führerstande in solcher Lage, daß sie unabhängig von der Witterung oder der Inanspruchnahme des Führers von diesem wahrgenommen werden müssen.

Das Hallsche Blocksystem wird in zwei Formen ausgeführt: [2])

1. mit Schienenströmen (am meisten verwendet).
2. mit Schienenpedalen.

Ausführung mit Schienenströmen.

Die Trennung der einzelnen Blockstrecken voneinander geschieht dadurch, daß ihre Gleise durch isolierende Laschen aneinander geschlossen sind.

Die Blockstrecken selbst sind in mehrere Abschnitte unterteilt, deren jeder durch ein Signal gedeckt ist; jede Blockstrecke hat also mehrere Signale.

Am Anfang jedes Abschnittes ist zwischen den beiden Schienen eines Gleises ein Relais eingeschaltet, am Ende eine Batterie. Letztere schickt ihren Strom durch die Gleisschienen zum Relais. Solange letzteres erregt ist, kann das Signal des Abschnittes auf „Fahrt" gestellt werden. Fährt ein Zug in den ersten Abschnitt der Blockstrecke ein, so schließen die Fahrzeugachsen die Gleisbatterie kurz, das Relais wird stromlos, das Signal fällt selbsttätig auf „Halt" und der Zug ist gedeckt.

Das Signal bleibt in dieser Stellung, auch wenn der Zug den ersten Abschnitt verlassen hat, solange sich der Zug noch an irgend einem Punkt der ganzen Blockstrecke befindet. Dies wird durch eine derartige Verkettung der einzelnen Abschnitte der Blockstrecke erreicht, daß die Batterie-

---

1) Zeitschrift für Elektrotechnik, Wien, 20. Jahrg., S. 617.
2) The Electrician Bd. 56 (1907) S. 803.

leitungen über einen Kontakt am folgenden Streckenrelais geführt sind und so der Schienenstrom nur dann geschlossen ist, wenn der nächste Abschnitt von einem Fahrzeug besetzt ist. Erst die Batterie im letzten Abschnitt ist ohne solche Abhängigkeit. Jeder Zug ist also innerhalb einer Blockstrecke durch so viel Signale gedeckt, als Abschnitte vorhanden sind. Die Stellung auf „Fahrt" erfolgt selbsttätig durch die Züge.

In Fig. 26 bedeutet *55 55* eine Blockstrecke mit den Abschnitten *BCD*. *JJ'* sind isolierte Laschen. Die Pfeilrichtung bedeutet die Zugrichtung. *R*, *R'*, *R"* sind die Streckenrelais und *P'*, *P"*, *P'''* die zugehörigen Gleisbatterien.

Eine Leitung von Batterie *P'* ist über einen Kontakt von Relais *R'* geführt, dieser ist bei erregtem Relais geschlossen; die Leitung *P'* geht über einen gleichen Kontakt an Relais *R"*.

Ist ein Zug im Abschnitt *B*, so macht er das Relais *R* stromlos und im Abschnitt *C* die Relais *R'* und *R"*; fährt er in *D* ein, die Relais *R"*, *R'* und *R*, es ist dann also die ganze Strecke geblockt.

Hat der Zug Abschnitt *D* verlassen, so wird *R"*, dann *R'* und endlich *R* wieder erregt.

Dieses Sicherungssystem ist für eine Linie der Bahn Paris-Lyon-Méditérranée zur Sicherung der Strecke Laroche und Cravant ausgeführt.

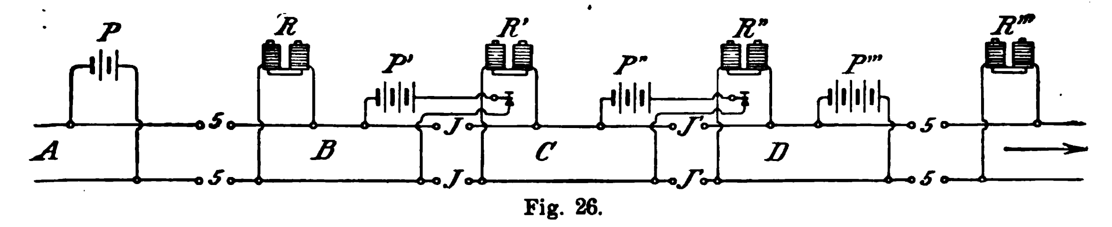


Fig. 26.

Die Schienenströme sind hier noch über Kontakte an den Weichen der Abzweigungen von der Blockstrecke geführt und nur geschlossen, wenn diese in richtiger Lage liegen: Ein Signal kann also nicht auf „Fahrt" gestellt werden, wenn eine Weiche in einer Lage liegt, durch die die Zugfahrt gefährdet werden kann.

Ausführung 2 des Systems ist bei der Pariser Stadtbahn verwendet. Die Schienenströme sind hier durch Ströme in besonderen Leitungen ersetzt, diese werden durch Schienenpedale in Ruhestellung geschlossen gehalten. Ein solches Pedal ist am Anfang jedes Blockabschnittes vorhanden, es wird durch die Räder des Fahrzeuges eines in den Abschnitt einfahrenden Zuges niedergedrückt und öffnet dabei die Leitungen zum Streckenrelais.

Nachdem die Fahrzeuge das Signal verlassen haben, bleibt der Kontakt noch eine Zeitlang geöffnet, da das Pendel mit einem Luftbuffer versehen ist, der es nur wieder langsam in seine Grundstellung zurückgehen läßt. Es ist also hier eine seitliche Sperrung des Blockabschnittes statt der räumlichen.

Bei dem auf „Halt" stehenden Signal werden durch die Pedalkontakte noch Stromkreise auf den Stationen geschlossen, in die Klingeln eingeschaltet sind. Letztere ertönen, wenn ein sich der Station nähernder Zug das Signal in der Haltstellung überführt. Es wird also in wirksamer Weise die Beachtung der Haltsignale vom Wagenführer überwacht.

Sowohl bei dem soeben kurz erläuterten HALLschen als auch bei dem nunmehr zu beschreibenden

Westinghouseschen selbsttätigen Blocksignalsystem [1])

dienen als Signalmittel gewöhnliche hohe Maste mit ca. 1·5 m langen Flügeln. Diese werden durch Preßluft in die Stellung „Freie Fahrt" gebracht, die Rückstellung auf „Halt" erfolgt durch ein Übergewicht des kürzeren Flügelarmes. Der Antrieb für beide Einstellungen erfolgt elektrisch, wobei beide Schienenstränge des Gleises als Leitungen mit herangezogen werden.

Die Gleisabschnitte, die je einen Stromkreis bilden, sind 400 bis 800 m lang. Ungefähr 15 m von dem Abschlusse jeder solchen Teilstrecke ist für jedes Gleis ein Mast aufgestellt. Der obere rotbemalte Flügel (auf dem Schaltungsschema Fig. 27 schwarz dargestellt) bedeutet das eigentliche Block- oder Hauptsignal (Homesignal), der andere grünbemalte Arm (schraffiert ge-

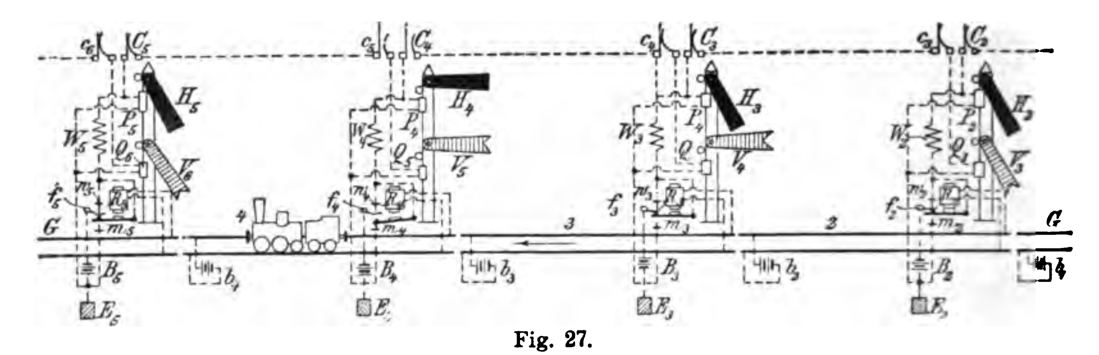


Fig. 27.

zeichnet) das Vorsignal (Distanzsignal) zu dem nächstfolgenden Haltsignal, es bewegt sich wie jenes.

Wagerechte Stellung der Flügel des Hauptsignales bedeutet „Halt", bei Dunkelheit rotes Licht, schräg nach abwärts geneigte „Freie Fahrt", bei Dunkelheit weißes Licht.

Wagerechte Stellung des Vorsignalflügels bedeutet „die nächste Strecke ist besetzt", bei Dunkelheit grünes, nach abwärts geneigte „die nächste Strecke ist nicht besetzt", bei Dunkelheit weißes Licht.

Das Umstellen von einer Signallage in die andere wird mittels eines Preßluftzylinders, der mit einem Elektromagneten zusammen wirkt, teils unmittelbar bewirkt teils gesteuert. Diese Organe sollen hier nicht näher beschrieben werden, auf dem Schaltschema sind sie für die einzelnen Signale durch P und Q angedeutet.

Die Anordnung und Wirkungsweise der Einrichtung sei an Hand des Schaltungsschemas näher erläutert.

In jeder Teilstrecke 2, 3, 4 . . . sind zwischen den Schienenleitungen je eine Gleisbatterie b . . . und die Elektromagnetspulen eines Relais R eingeschaltet. Solange dieses von Strom durchflossen ist, gelangt der Strom der Ortsbatterie B über Relaiskontakt w und eine Widerstandsrolle W in die Stellvorrichtung P des Hauptsignals und dann über zwei Stromschließer C und c zur Stellvorrichtung Q des entsprechenden Vorsignales, das sich am Maste des nächsten Blockpostens befindet. Hierbei sind die Zylinder beider genannten Stellvorrichtungen P und Q mit Preßluft gefüllt, die Signalarme stehen schräg nach abwärts.

1) Elektrot. Zeitschrift 1896, S. 330.

Beim Einfahren eines Zuges in eine Teilstrecke stellen seine Räder und Achsen Kurzschluß der Batterie b her, und der abfallende Relaishebel unterbricht auch den Strom der Ortsbatterie B (auf dem Schema für Blockabschnitt 4 gezeigt).

Sobald B_4 nicht mehr Strom liefert, stellen sich die Hauptsignalflügel H_4 und Vorsignal V_4 wagrecht. Auch das Vorsignal V_5 stellt sich zugleich mit H_4 wagrecht, weil der zu V_5 von B_5 kommende Strom durch den geöffneten Kontakt c_5 unterbrochen wird. Denn die beiden Federkontakte C und c sind, voneinander isoliert, an jedem Signalmaste beim Hauptsignalflügel angebracht und so, daß sie dieser mittels einer auf der Drehachse des Flügels sitzenden Kurbel in Schluß bringt, wenn er gesenkt ist und unterbricht, wenn er wagrecht steht. Hierdurch wird an den Blockposten, die eine besetzte Stelle decken, die Übereinstimmung in der Lage der beiden Signalflügel erzielt. Dieser Kontakt stellt insofern eine Vorsichtsmaßregel dar, als für den Fall, daß etwa bei Dunkelheit das Licht des Hauptsignales verlöschen sollte, mindestens das Zeichen „Vorsicht" erscheint. Der zweite Kontakt dient insofern auch als Vorsichtsmaßregel, als er einmal die Linie zum Vorsignal stromlos macht und andererseits etwaige während der Haltlage des Hauptsignales vorkommende Entladungen unschädlich macht. Während der Stellung auf frei wird dieser Schutz durch die aus sehr dünnem Drahte bestehende Widerstandsrolle W bewirkt. Bei etwaigem Abschmelzen gehen die zugehörigen Signalflügel lediglich in die Gefahrlage. Der Lokalschluß des Relais ist mit einer Zwischenkontaktfeder und einer Nebenschließung versehen, so daß ein etwaiges Zusammenschmelzen des Relaiskontaktes während der Freilage der Signale keine Gefahr nach sich ziehen kann, da dann nur die Kontaktfeder bei w kleben bleibt, der Relaishebel aber abreißt und die Batterie in kurzen Schluß bringt. Es wird also betreffs der Signalgebung dieselbe Wirkung erzielt wie unter normalen Verhältnissen. Der Vorteil der hier zur Anwendung kommenden Schienenleitungen beruht darauf, daß sich z. B. Schienenbrüche, Entfernung von Schienen (bei Gleisreparaturen oder dgl.) auch als Gefahr kennzeichnen. Auch lassen sich z. B. Weichen oder Strecken von Nebengleisen mit in die Signalgebung einbeziehen.

Das System ist insbesondere sehr für große zentralisierte Signal- oder Sicherungsanlagen verwendbar.

Wenn nun am Zuge angebrachte Signalvorrichtungen der vorstehenden Art zugleich mit der Zugbremse in eine derartige Verbindung gebracht sind, daß letztere durch die gleiche Einwirkung ausgelöst wird, die das Gefahrsignal hervorbringt, so erfolgt also durch das Haltsignal zugleich dessen Ausführung. Da aber an einer solchen „Halt"-Stelle das Fahrverbot nicht mehr einlaufen konnte, vielmehr erst bei Einfahrt in den nächsten Blockabschnitt, so muß einem durch selbsttätige Bremsenaulösung (oder auch durch den Lokomotivführer) angehaltenen Zuge für alle Fälle eine Wiederaufnahme der Fahrt gestattet sein mit der Maßgabe, daß er imstande ist bei Erreichung des signalisierten Hindernisses wieder rechtzeitig stehen zu bleiben.

Von derartigen Blocksignaleinrichtungen haben sich besonders die von

Putnam und Webster und von Miller

gut eingeführt.[1])

1) Zeitschrift für Elektrotechnik, Wien, XX. Jahrg. S. 617.

Bei dem Signalsystem PUTNAM und WEBSTER befinden sich auf der in bekannter Weise in Blockabschnitte geteilten Strecke an jedem Abschnittende ein Doppelrelais r_3 R_3, r_4 R_4, r_5 R_5 . . . (Fig. 28) mit Anker a_3 a_4 a_5. Diese Relais stehen untereinander und mit der Erdleitung bzw. den als Rückleitung dienenden Fahrgleisen durch Leitungen und Anschlußkabel in leitender Verbindung. Zwischen den einzelnen Blockabschnitten s_2 S_2, s_3 S_3, s_4 S_4 . . . sind in das gewöhnliche Gleise gut isolierte Schienen i_3 J_3, i_4 J_4, i_5 J_5 . . . eingelegt, von denen je ein Anschlußkabel zu dem Anker a_3, a_4, a_5 . . . des betreffenden Doppelrelais führt. Dies bildet die ganze Streckeneinrichtung, die also größte Einfachheit aufweist.

Die Zugeinrichtung, auf der Figur zwischen Blockposten IV und V bei z angedeutet, besteht in einer Signalvorrichtung M und einer Strom-

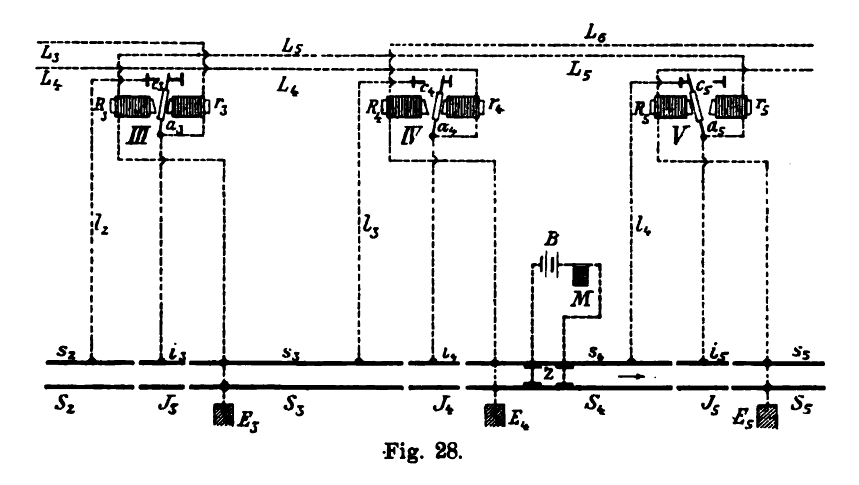


Fig. 28.

quelle B. Diese sind hintereinandergeschaltet und stehen mittels isolierter Zuleitungen einmal mit einer Lokomotivachse und andererseits mit einer Tenderachse in Verbindung. Beide Fahrzeuge sind an der Führerbrücke voneinander isoliert und es kann die Batterie B nur wirksam werden, wenn beide Radachsen miteinander in leitender Verbindung stehen.

Letzteres ist stets der Fall, solange sich das eine oder andere Räderpaar nicht auf einem der isolierten Gleisstrecke i J befindet.

Die Stromquelle ist also für gewöhnlich tätig und wird nur unterbrochen, wenn die leitende Verbindung zwischen den genannten Räderpaaren aufhört.

Als Stromquelle dient entweder eine von einer Dampfturbine angetriebene Dynamo- oder eine Akkumulatorenbatterie.

Die Fig. 28 zeigt eine ältere Anordnung, bei der ein einfacher Elektromagnet M zur Signalgebung dient, dessen Anker eine Zeichenscheibe und einen Klöppel trägt (im Schema nicht besonders dargestellt). Bei stromdurchflossenen Spulen bleibt die Scheibe hinter der Vorderwand des Signalkastens verborgen, bei Stromunterbrechung in M wird die Zeichenscheibe wegen der veränderten Stellung des Ankers sichtbar und der federnde Klöppel schlägt gleichzeitig gegen eine Glocke.

Die Fig. 29 zeigt eine neuere Ausführung der Signalisierung. Sie besteht gleichfalls aus einer Stromquelle B und der beschriebenen Signalvorrichtung M. Letztere ist mit einem Widerstand w zwischen Lokomotiv-

rad Q und Tenderrad P geschaltet und mittels des Gleises S in einen Schließungskreis gebracht. Außerdem ist ein zweiter Elektromagnet M_1 vorhanden, dessen Anker A_1 von M_1 angezogen das Ventil der Druckluftbremse des Zuges öffnet.

Es kann in die Spulen von M_1 aber nur Strom gelangen, wenn der als Relaishebel angeordnete Anker die Signalvorrichtung M den Kontakt bei C schließt. Dies geschieht jedesmal, sobald zwischen Q und P auf dem Stromwege S eine Unterbrechung stattfindet. Hierbei wird M stromlos und der an C sich auflegende Anker A schließt einen neuen Stromkreis von B über u, A, C, M_1, K und r, wodurch die Zugbremsenauslösung erfolgt.

Eine Schließung des Auslöseventils die Bremse findet auch dann nicht statt, wenn die Unterbrechung der leitenden Verbindung zwischen Q und P wieder behoben ist, weil die Spulen von M_1 aus starkem Draht bestehen also der durch M gelangende Teilstrom nicht so stark ist, um den Anker A anziehen zu lassen.

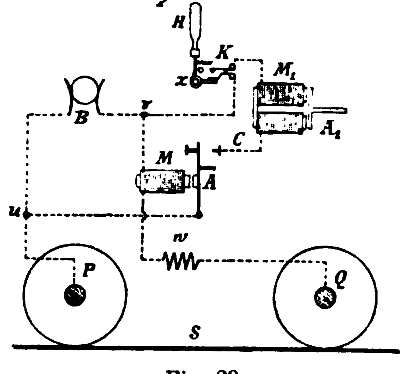


Fig. 29.

Der Strom in A_1 wird erst unterbrochen und damit die die Bremsen auslösende Wirkung desselben beendet, wenn der Lokomotivführer den um x drehbaren Handgriff H im Sinne des eingezeichneten Pfeiles umlegt und hierdurch im Stromschließer K die obere Kontaktfeder von der unteren abhebt.

Der Gesamtstrom geht dann, wie ursprünglich lediglich über M und ist jetzt so stark, daß A angezogen wird. die betreffenden Teile sind also wieder in die Ursprungslage zurück gelangen.

Es seien nun die Signalvorgänge auf der Strecke an Hand der Fig. 28 und 29 verfolgt.

Beim Einfahren eines Zuges in einen fahrbaren Blockabschnitt muß er das Relais r R in der Lage vorfinden wie sie Fig. 28 bei V zeigt. Dies vorausgesetzt tritt nämlich trotz der Schienenisolierung zwischen s_4 S_4 und i_5 J_5 in dem Augenblicke, wo das Lokomotivrad des Zuges z auf das isolierte Gleisstück i_5 J_5 übertritt, eine Unterbrechung zwischen Lokomotiv- und Tenderrad **n i c h t** ein, denn der Strom von B findet über s_4, l_4, c_5 und i_5 einen Nebenweg geschlossen vor. Die elektrische Lokomotiveinrichtung bleibt also unverändert.

Gelangt das erste Räderpaar auf s_5, S_5, während sich das zweite auf i_5, J_5 befindet, so erfolgt gleichfalls keine Auslösung an der Lokomotiveinrichtung, denn auch dann ist die Isolierstelle überbrückt, die den von B ausgehenden Strom von i_5 über r_5, L_5, R_3 zur Erde fließen läßt. Dieser Strom erregt die Relais r_5 und R_3, a_5 wird nach rechts geworfen, der Kontakt bei c_5 unterbrochen, dagegen a_3 nach links gelegt und der Stromweg bei c_3 hergestellt.

Am Posten V ist also dieselbe Lage der Relaishebel entstanden, wie vorher bei IV und III, gleichzeitig hat bei III das Relais die gewöhnliche Grundstellung zurückerhalten.

Es unterbricht also ein die Strecke durchfahrender Zug an jeder Ein-

fahrtsblockstelle den Relaiskontakt c und wird dadurch der zu befahrende Abschnitt **b l o c k i e r t**, gleichzeitig gelangt dieser Kontakt an der zweitnächsten rückliegenden Blockstelle in Schluß und wird der zugehörige Abschnitt wieder **e n t b l o c k t**.

Kommt der Zug an einer Blockstelle vorbei, an der das Relais die bei III und IV dargestellte Lage besitzt, so findet er dort die oben erwähnte Überbrückung der Isolierstelle des Fahrgleises, z. B. zwischen s_2, S_2 und i_3, J_3 bei Kontakt z_3 unterbrochen. In dem Augenblicke, wo das Lokomotivrad auf das isolierende Gleisstück übertritt, erfolgt also die Stromunterbrechung in der Lokomotiveinrichtung und diese zieht die Signal- und Bremsenauslösung nach sich.

Der so angehaltene Zug nimmt dann seine Fahrt vorsichtig wieder auf und verfolgt mit verminderter Geschwindigkeit seinen Weg so lange weiter,

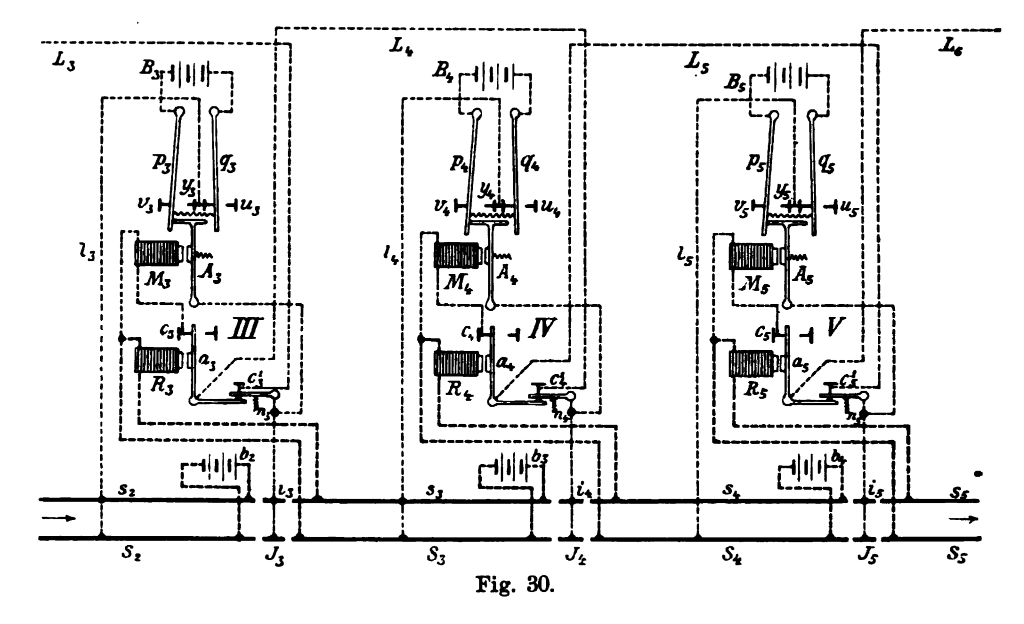


Fig. 30.

bis der vorausfahrende oder liegengebliebene Zug eingeholt wird oder bis an einem nächsten Blockposten durch das Ausbleiben des Signales ersehen werden kann, daß das Hindernis nicht mehr vorhanden ist.

Damit besonders bei dichterem Zugverkehr durch die bereits oben hervorgehobene Abschwächung des Haltsignales keine Gefährdungen herbeigeführt werden können, deckt sich jeder Zug **z w e i m a l**, beispielsweise ist in Fig. 28 der zwischen IV und V befindliche Zug z bei I und III gesichert.

Ein Folgezug wird daher zweimal gewarnt bzw. selbsttätig angehalten, bevor er in einen besetzten Blockabschnitt gelangt.

Die

Millersche Blocksignaleinrichtung

ist der vorbeschriebenen sehr ähnlich, vgl. das Schaltungsschema Fig. 30 für ein Doppelbahngleis.

Die Fahrgleise sind hier als Stromleitungen mitbenützt (System Gassett, in Amerika vielfach üblich) und zwar sind die Schienenstränge s_2 S_2, T_3 S_3, s_4 S_4, s_5 S_5 ... der einzelnen Blockabschnitte mit je einem Relais R_3, R_4, R_5 ...

und einer Batterie b_2 b_3 b_4 zu je einem geschlossenen Stromkreise vereinigt. Es fließt also in diesen Stromkreisen ein Ruhestrom, der die Relaisanker a_3, a_4, a_5 . . . dauernd angezogen hält. Beim Einfahren eines Zuges in einen Blockabschnitt bringt sogleich sein erstes Räderpaar Kurzschluß zwischen den beiden leitenden Schienensträngen hervor. Es fließt also von da an, bis der Zug mit seiner letzten Aehse den betreffenden Abschnitt verlassen hat, kein Strom mehr in die Spuren der zugehörigen Relais, die Anker fallen ab und die Kontakte c_3 und c_3', c_4 und c_4', c_5 und c_5' werden unterbrochen.

Zwischen den einzelnen Blockabschnitten liegen außerdem besonders gut isolierte Schienenstücke i_3 J_3, i_4 J_4, i_5 J_5 . . . im Gleise. Diese sind mit der übrigen Teilen der Streckeneinrichtung auch wieder durch eigene Zuleitungskabel in Verbindung gebracht.

Außerdem befindet sich an jeder Blockstelle eine stärkere Batterie B_3, B_4, B_5 . . . sowie ein Elektromagnet M_3, M_4, M_5. Der Anker desselben A_3, A_4, A_5 . . . hat die Aufgabe, als Polwechsler zu dienen.

Angenommen z. B. an der Blockstelle IV sei der Anker (wie auf der Figur dargestellt) angezogen, so steht er mit dem Umschalterhebel p_4 in Kontakt und ist also B_4 über p_4, A_4, n_4 mit dem negativen Pol an i_4 und J_4, dagegen mit dem positiven Pol über q_4, y_4, l_4 an s_3 und S_3 angeschlossen.

Bei abgerissenem Anker berührt A_4 den Umschalter q_4 und bringt also bei dieser Stellung B_4 mit dem positiven Pol über q_4, A_4 mit i_4 und J_4 und mit dem negativen Pol über p_4, y_4, l_4 mit s_3 und S_3 in Anschluß.

Die Elektromagnete M_3, M_4, M_5 sind (vgl. die gestrichelten Linien der Figur) andauernd erregt, doch nicht von der Batterie B_3, B_4, B_5 . . . derselben Blockstelle, sondern von der des vorausliegenden Nachbarpostens. Solange sich also kein Zug auf der Strecke befindet, besitzen alle Teile die aus der Zeichnung ersichtliche Grundstellung, bei der in allen Blockabschnitten das Fahrgleise s_2 S_2, s_3 S_3, s_4 S_4 . . . an den Pluspol und die isolierten Schienen i_3 J_3, i_4 J_4, i_5 J_5 . . . an den Minuspol der betreffenden Relais B_3 B_4 B_5 . . . gelegt ist, ohne daß hierdurch eine Stromschließung auf diesem Wege möglich würde.

Befände sich aber ein Zug auf der Strecke, z. B. im Blockabschnitt IV, V, so wäre R_4 infolge des durch die Zugräder bewirkten Kurzschlusses von b_4 stromlos, Anker a_4 abgerissen und der Strom sowohl bei c_4 als bei c_4' unterbrochen. Es würde also gleichzeitig auch M_4 stromlos geworden und A_4 abgerissen sein.

Es ist also die Polarität der Anschlüsse von B_4 an i_4 und J_4, desgleichen an s_3 und S_3 gewechselt worden, ebenso hat ein Polwechsel auf Blockstelle III bezüglich der Batterie B_3 stattgefunden, denn der Erregerstrom für M_3 — von B_4 über q_4, y_4, l_4, S_3, M_3, c_3, a_3, L_3, c_4', n_4, A_4 und p_4 — ist jetzt zwischen c_4' und n_4 unterbrochen.

Jeder Zug verursacht also hinter sich an den beiden letzten Blockstellen einen Polwechsel in den Gleisanschlüssen der Batterien B_3, B_4, B_5 . . . und auf diesem Umstand beruht nun die Hervorrufung der Signalzeichen auf den Zuglokomotiven.

Wie aus Fig. 31 und Fig. 32 ersichtlich, verwendet Miller auf den Lokomotiven einfache Glühlampen, zwei weiße w_1 w_2 und zwei rote r_1 r_2. Während der Zugfahrt brennen gewöhnlich die weißen, dagegen beim Erreichen eines Blockabschnittes, dessen vorausliegender Nachbarblockabschnitt

noch von einem Zuge besetzt oder unfahrbar ist, verlöschen sie und die roten flammen auf.

Die Lampen werden von einer eigenen, auf der Lokomotive mitgeführten Speicherbatterie B gespeist und durch den Hebel eines Stahlmagnetankers z eingeschaltet, der zwischen zwei Elektromagneten m_1 und m_2 gelagert ist.

Wenn der Anker z auf Kontakt C_1 aufliegt, so brennen die weißen. berührt er C_2, die roten Lampen.

Die Elektromagnete m_1 und m_2 haben je zwei Spulen miteinander entgegengesetzten Wicklungen, deren Enden stehen einerseits mit dem Lokomotivräderpaar T_1, andererseits mit dem ersten Tenderrad T_2 in leitender Verbindung. Die Enden der zweiten Spule sind einerseits am T_2 andererseits and das letzte Tenderrad T_3 angeschlossen.

Diese drei Räderpaare sind gegenseitig isoliert.

Wenn ein Lokomotivführer seine Fahrt antritt, stellt er mittels eines — nicht besonders dargestellten — Schalters die weißen Lampen ein, die dann bei

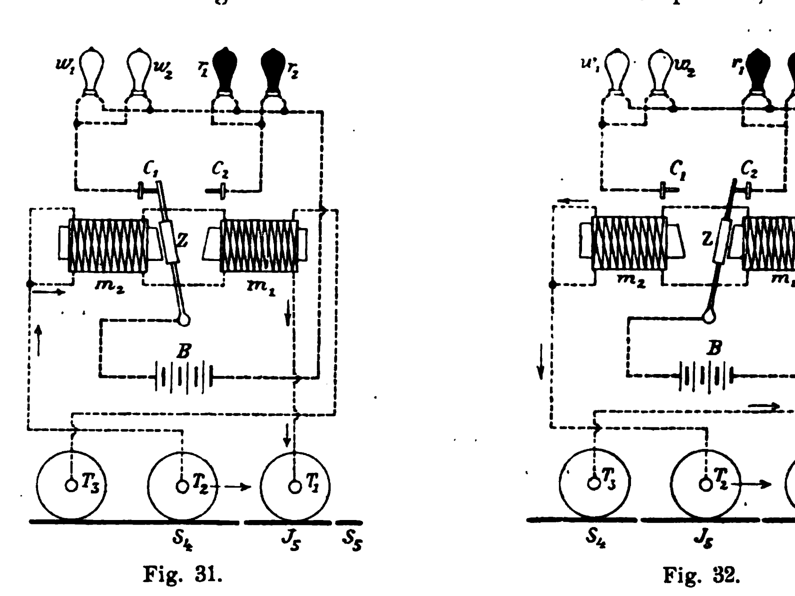


Fig. 31. Fig. 32.

anstandslos verlaufender Fahrt bis zur Beendigung des Dienstes unverändert fortbrennen.

Gelangt z. B. der Zug mit Achse T_1 auf die isolierten Schienen, so tritt jedesmal ein Strom der betreffenden Batterie (B_3, B_4, B_5 . . . Fig. 30) in die erste Spule der Elektromagnete m_1 und m_2 über. Hierbei tritt er, wenn alles in Ordnung ist, in die Lokomotiveinrichtung (in Fig. 31 durch Pfeile angedeutet) bei T_2 ein und T_1 aus.

Vermittels der Magnetisierung der Elektromagnete wird nun die Ankerzange z von m_1 abgestoßen und von m_2 angezogen: an dem weißen Lichte erfolgt also keine Änderung. Das gleiche gilt für einen zweiten Stromkreis. der gleich nach dem ersten in dem Augenblicke auftritt, wo Räderpaar T_2 auf die isolierten Schienen gelangt. Obwohl hierbei der bei T_3 ein- und bei T_2 austretende Strom gegen vorhin die verkehrte Eintrittsrichtung besitzt, wirkt derselbe doch in gleichem Sinne wie der erste Strom, weil er durch die zweite Spule seinen Weg nimmt und sonach nochmals umgekehrt wirkt.

In der Tat soll der zweite Strom den ersten lediglich verlängern und bezüglich seine Wirkung sichern.

Käme der Zug aber an eine Blockstelle, bei der die Polarität der Batterie-Anschlüsse umgekehrt ist, weil sich im zweitnächsten Blockabschnitte ein vorausgehender Zug befindet, so wird in dem Augenblicke, wo T_1 auf isolierten Schienen gelangt, der vorerwähnte Strom bei T_1 ein und T_2 austreten und also m_1 und m_2 derart magnetisieren, daß z nach rechts geworfen die weißen Lampen zum Verlöschen bringt und dafür die roten Lampen unter Strom setzt. Diese Wirkung verschärft der zweite Strom, wenn T_2 auf die isolierten Schienen gelangt. Falls ein Zug das rote Lichtsignal empfängt, hat der Lokomotivführer sofort alle Mittel aufzuwenden, um den Zug anhalten zu können und sodann mit Vorsicht das Hindernis aufzusuchen.

Würde indessen der vorauslaufende Zug außerhalb des Bereiches der beiden Blockabschnitte gelangt sein, die zwischen den beiden Zügen liegen, so enthält der Folgezug an der nächsten Blockstelle hiervon Nachricht, indem durch die normale Polarität der in Frage kommenden Blockanschlüsse sich auf die Lokomotive wiederum ein Signal vollzieht, indem die roten Lampen verlöschen und dafür wieder das weiße Licht erscheint. Der Lokomotivführer darf in diesem Falle die Fahrt wieder mit voller fahrplanmäßiger Geschwindigkeit aufnehmen.

Die Verbindung des Signalwechsels mit der Bremsauslösung ist natürlich ohne weiteres möglich.

Ein lediglich mit Glühlichtsignalen ausgestattetes MILLERsches Blocksignal ist z. B. auf der 35 Kilometer langen zweigleisigen Strecke Dolton-Momence der Chicago and Eastern Illinois-Railroad im Betriebe.

Im Vergleich mit dem System von PUTNAM und WEBSTER besitzt dieses den Vorzug der wesentlich größeren Einfachheit, da es keine Stromquellen auf der Strecke benötigt, wogegen MILLER außer der von den Lokomotiven mitzuführenden noch an jeder Blockstelle zwei ständige Batterien erforderlich macht.

Dagegen besitzt das MILLERsche System dem anderen gegenüber den für amerikanische Verhältnisse besonders geschätzten Vorteil, daß infolge der Verwendung der Gleisstromleitung die Blockeinrichtung nicht nur die Zugdeckung, sondern gleichsam auch die Deckung der Strecke bewirkt, da Unterbrechungen im Gleise, Schienenbrüche, falsch gestellte Drehbrücken, nicht geschlossene Weichen u. dgl. dieselbe Wirkung ausüben wie ein im Blockabschnitte sich aufhaltender Zug.

Das nachbeschriebene

System von L. H. Thullen

hat beispielsweise in Nordamerika (Kalifornien) und bei der

New Yorker Untergrundbahn [1])

und dem

East-Bostoner Tunnel

Verwendung gefunden. [2])

Zum Signalisieren wird hier Wechselstrom verwendet, der dem Gleichstrom in den Schienen übergelagert ist.

---

1) Vgl. die ausführlichere Beschreibung dieser Anlage auf S. 529.

2) Electrical World and Engineer, Bd. 45, S. 1178.

Fig. 33 zeigt die Hauptteile des System, wie es bei der New Yorker Untergrundbahn Verwendung gefunden hat.

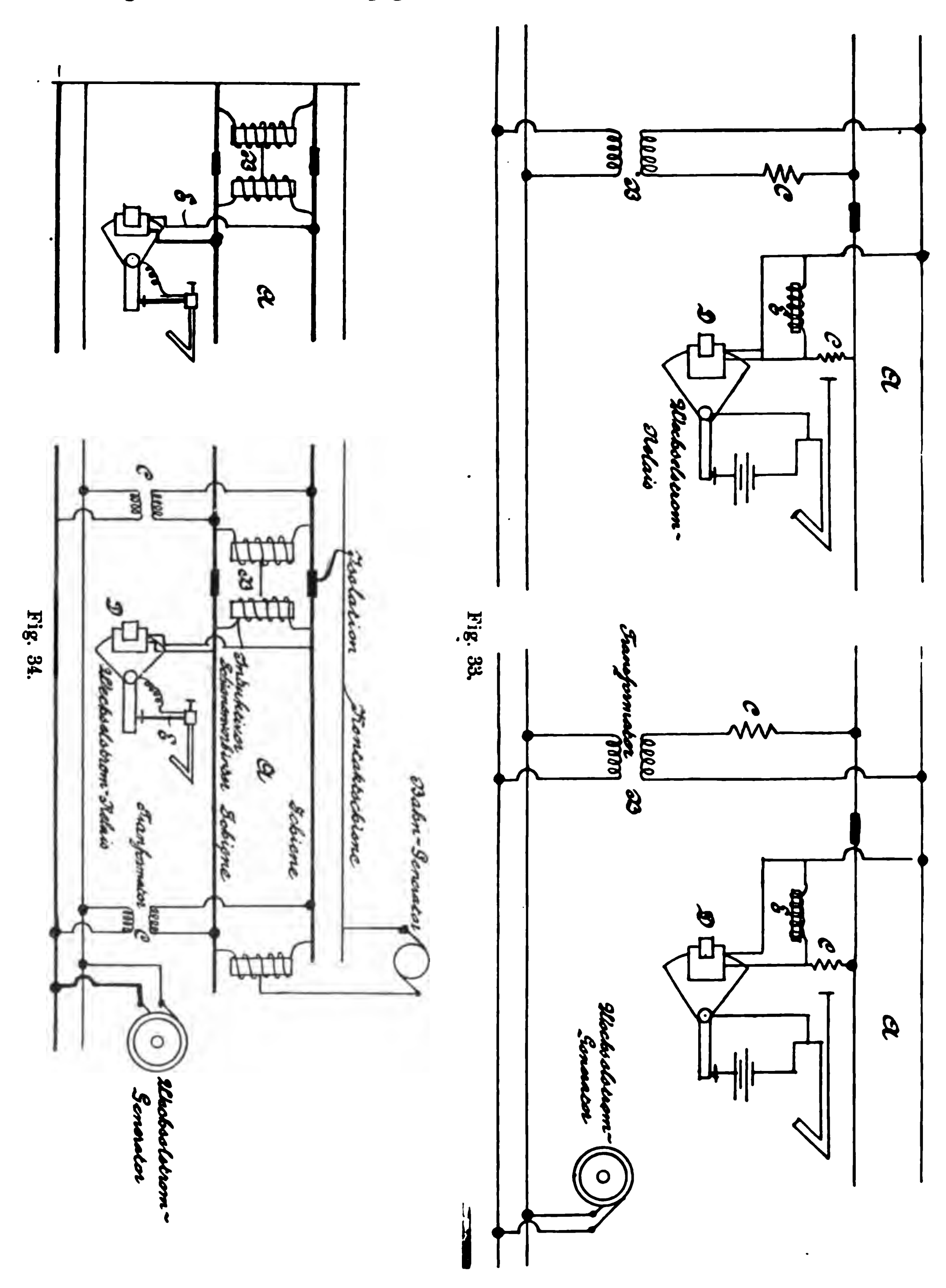


Fig. 34.

Fig. 33.

A — A sind Blockstrecken und B — B Transformatoren, die den Strom von einer hohen, 500 bis 2000 Volt betragenden Spannung auf ca. 10 Volt

für den Gleisstrom heruntertransformieren. Zwischen Transformator und Gleise und einem Relais und Gleise sind Widerstände *C* — *C* eingeschaltet, erstere, um die Stärke des Wechsel- und Gleichstromes herabzudrücken, der durch den Transformator fließt, letztere, um den Gleisstrom zu vermindern, der den Apparat an der Relaisseite des Blockwerkes durchfließt. *D* ist ein nach dem Ferraris-Prinzip gebautes Relais und *E* eine Drosselspule von geringem ohmischen Widerstand, die vom Gleichstrom ohne weiteres durchflossen wird, von dem Wechselstrom aber nur einen geringen Teil durchläßt. Die Drosselspule bildet also einen Vorschaltwiderstand für das Wechselstromrelais.

Da der Widerstand des Relais sehr hoch im Vergleich zu dem der Drosselspule bemessen ist, so wird sehr wenig Gleichstrom durch das Relais fließen.

In dem vorbeschriebenen System fließt nur ein geringer Strom durch die Teilschiene. Nach einer neueren Anordnung wurden nun beide Schienen in höherem Maße für den Rückstrom nutzbar gemacht, eine derartige neue Anordnung zeigt Fig. 34.

Hierin bedeutet *A* — *A* die Blockstationen von 2000 bis 4000 Fuß Länge; *B* — *B* sind induktive Schienenverbinder mit einigen Windungen Kupferdraht. Die Transformatoren, die die Schiene mit Strom versorgen, sind mit *C* — *C* bezeichnet und *D* — *D* stellt die Relais dar, die nur auf Wechselstrom ansprechen und auf die Signale durch den Lokalstrom *E* einwirken. Der Transformator besitzt eine große magnetische Leakage, wenn die Sekundärwicklung durch einen Zug auf der Blockstrecke kurz geschlossen wird, und verringert deshalb die motorische Kraft der Sekundärwicklung. Der induktive Schienenverbinder (s. o.) vermehrt den Widerstand der Gleisstrecke nur unbedeutend, die Erhöhung des Widerstandes auf einer 3000 Fuß langen Gleisstrecke beträgt z. B. nur $^1/_2$ bzw. 1 ‰ oder mit anderen Worten: die Stärke des Rückstromes im Gleise beträgt 99·5 ‰.

Bei der Anlage in New York (Fig. 33) betreibt das Relais die Ortskreise elektromagnetischer Signale, in Boston dagegen Glühlampenstromkreise.

Das bei der New Yorker Untergrundbahn verwendete selbsttätige Blocksignalsystem [1])

enthält eine Vereinigung der Block- und Weichensignale. Das System ist bei genannter Bahn für die Schnellzugsgleise und die Abschnitte der Lokalzugsgleise, die an Krümmungen, Haltestellen und Kreuzungen gelegen sind, zur Verwendung gelangt. Ausführende Firma ist die „Union Switch and Signal Co., Pittsburg“, die z. B. auch die Bostoner Hochbahn ausgerichtet hat; im Gegensatz zu dieser, bei der der Betrieb hauptsächlich durch Gleichstrom erfolgt, ist hier Wechselstrom in Verwendung und zwar wird für die Speisung der Signalstromkreise hochgespannter Wechselstrom benutzt, der an passenden Stellen in seiner Spannung herabtransformiert wird.

Eine der Fahrschienen, die auch für Rückleitung des Bahnstromes dient, wird zur Rückleitung des Betriebsstromes des Blocksystems, der andere als Blockschiene benutzt.

Das Überlappungsystem.

Gewöhnlich verwenden amerikanische Bahnen bei ihren selbsttätigen Blocksystemen für jede Blockstrecke ein Nah- und Fernsignal, der Block-

1) Elektrotechn. Zeitschr. 1905, S. 853 (Freund).

abschnitt von Nah- zu Nahsignal erstreckt sich dann ohne Überlappung. Der Nachteil der Nichtüberlappung besteht darin, daß der Zug kurz nach dem Einfahren in die Bahnstrecke das Nahsignal der vorher verlassenen Blockstrecke sofort auf Freifahrt stellt.

Kommt nun ein Zug kurz nach der Einfahrt in einen Abschnitt wenige Meter hinter dem Nahsignal zum Stillstand, so fährt der folgende Zug in ihn hinein, sobald er über das Nahsignal hinausfährt.

Beim Überlappen der einzelnen Blockstrecken beschützt, wenn der Zug in einer derselben zum Stillstand kommt, ihn im Rücken das Nahsignal in einer Entfernung, die dem folgenden Zuge einen genügend langen Bremsweg bietet. Dies bildet den Vorzug des Systems. Weiter wird bei vorliegender Anlage eine besondere Betriebssicherheit durch eine selbsttätige Auslösevorrichtung für die Bremsen erreicht, falls über das Nahsignal hinausgefahren wird. Der auf die Bremsen wirkende Anschlagalarm ist am Nahsignal angebracht.

Die gewöhnliche Überlappungsform erhöht die Länge des Bremsweges um die Überlappungslänge, es ist also der Zahl der gleichzeitig fahrenden Züge eine Grenze gesetzt. Zur Erreichung einer möglichst großen Leistungsfähigkeit der Bahn sind die Blockstrecken so kurz als möglich gemacht worden. Die Länge der Blockstrecke setzt sich gewöhnlich aus der Entfernung zwischen den Signalen und der Länge der Überlappung zusammen. Wenn wie im vorliegenden Falle eine höchste Leistungsfähigkeit verlangt wird, so kann, wie das auch bei vorliegendem System geschehen ist, die Länge einer Blockstrecke auf die Länge zweier Überlappungen herabgesetzt werden.

Die Länge der Überlappungen muß sich den Verhältnissen der betreffenden Streckenabschnitte anpassen, bei der vorliegenden Bahn beträgt ihre durchschnittliche Länge ca. 250 Meter und die Blockstrecke ca. 500 Meter.

Es sind Blocksignale auf ca. 22 km Schnellzugsgleisen (Streckenlänge) vorhanden, außerdem sind noch die Tunnels unter dem East und Harlem River durch Blocksignale gedeckt. Die Gleise der Lokalzüge sind nur an Krümmungen, Haltestellen und Kreuzungen mit Blocksignalen ausgerüstet.

Fig. 35 zeigt die allgemeine Verteilung der Stromkreise in Verbindung mit dem Überlappungssystem. Eine Gleisschiene ist vom Bahnbetriebsstrom losgetrennt und durch isolierende Schienenverbindungen in einzelne einer Überlappung entsprechende Teile geteilt. Die zweite Gleisschiene dient zur teilweisen Rückleitung des Bahnstromes und als Leitung für den Wechselstrom des Signalsystems. Der Speisepunkt des Gleisstromkreises befindet sich an dem Ende der Blockstrecke, das vor dem fahrenden Zuge liegt. Die Verbindung mit dem Wechselstromrelais geschieht vom entgegengesetzten, also dem im Rücken des Zuges liegenden Ende aus. Dieses Wechselstromrelais dient einem doppelten Zwecke. Ist die Blockstrecke vor dem betreffenden Relais „frei" und fließt Strom durch dasselbe, so werden zwei besondere Stromkreise geschlossen. Einer führt zur selbsttätigen Bremsvorrichtung am Eingang des hinteren Blockes, der andere zum Nahsignal.

Die Relaiselektromagnete steuern die Luftzylinderventile und diese wirken auf die Signale ein. Ist ein Zug innerhalb der Blockstrecke, also Kurzschluß zwischen den Schienen vorhanden, so sind die Elektromagnete nicht erregt und stellen die Signale auf „Gefahr". Es zeigen also bei diesem System die Signale immer „Freie Fahrt", wenn es die Zugstellungen ge-

statten. Auf die Fernsignale wirkt ein Zusatzstromkreis ein, der abhängig von dem betreffenden Nahsignal ist.

Zeigt das Nahsignal einer Blockstrecke „Freie Fahrt", so fließt der Strom auch durch die Steuervorrichtung des Fernsignales der vorhergehenden Blockstrecke, zeigt somit auch auf „Freie Fahrt".

Ist das Nahsignal auf „Gefahr" gestellt, also sein Bewegungsmechanismus stromlos, so wird auch der Fernsignalstromkreis unterbrochen und zwar durch einen besonderen Unterbrecher, das Signal zeigt dann „Vorsicht".

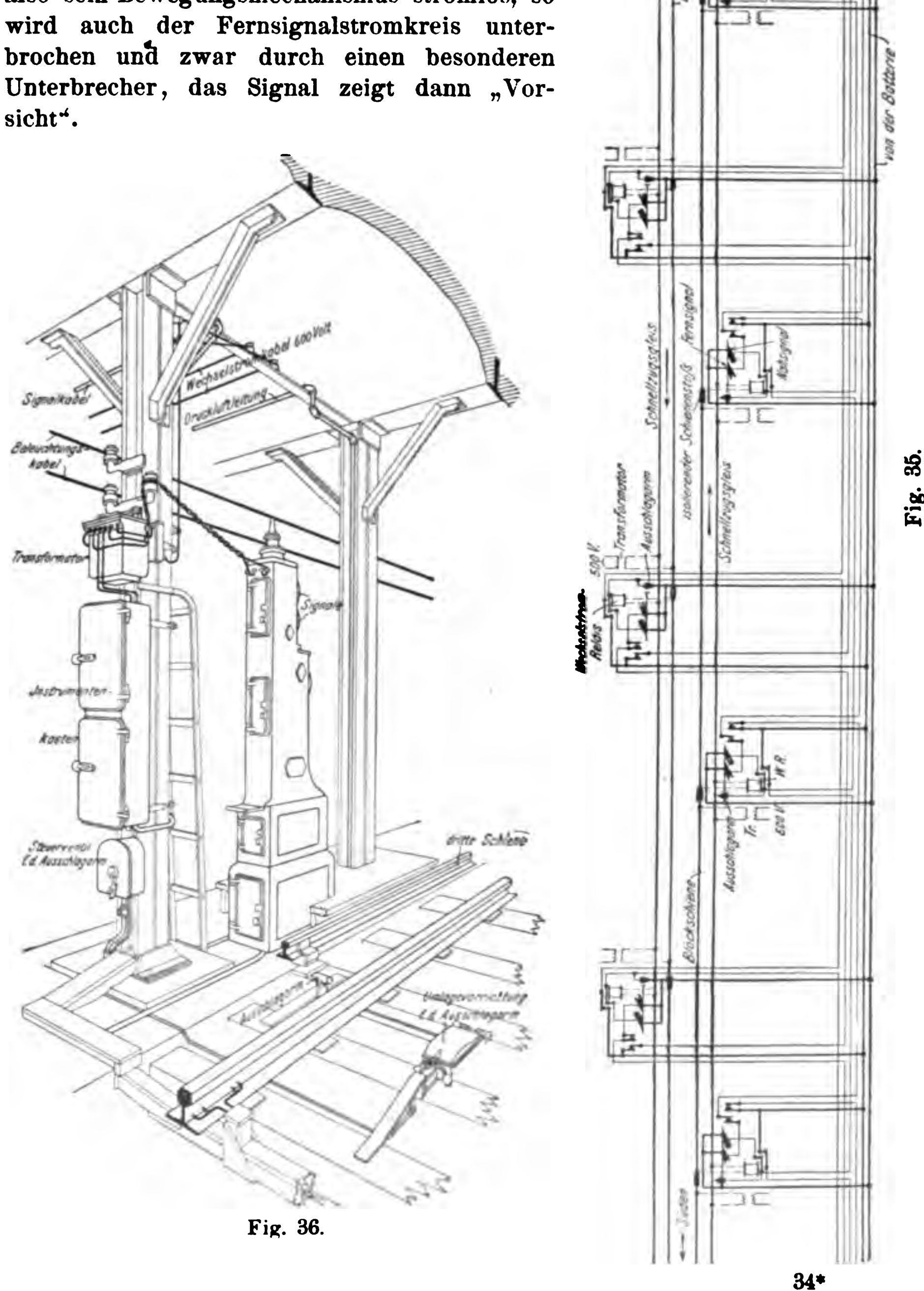


Fig. 36.

Fig. 35.

Der in Unterstationen erzeugte Wechselstrom für die Gleisstromkreise wird der einzelnen Tunnelstrecke mit 500 Volt Spannung zugeführt. Öltransformatoren setzen die Spannung an jeder Blockstrecke auf 50 Volt für die Signallampen und 10 Volt für den Gleisstromkreis herab.

Die elektromagnetisch gesteuerten Zylinderventile für die Signalscheiben erhalten Strom von Akkumulatorenbatterien für 16 Volt. Diese sind längs der Strecke innerhalb des Tunnels in den Stellwerken in doppelter Anzahl aufgestellt und werden durch Umformer geladen.

Fig. 36 zeigt den Signalständer mit seinen Einrichtungen. Die Hauptteile sind: Der Signalständer, Transformator, der in einem Kasten untergebrachte Gleichstromschalter und der Ventilkasten der selbsttätigen Haltvorrichtung.

Der Strom wird unter Einschaltung einer 3-Amp.-Sicherung der Hochspannungsleitung entnommen, durchläuft den Transformator und fließt mit 10 Volt Spannung durch den Schaltkasten nach dem Ausgangsende der Schiene der betreffenden Blockstrecke. Im Schaltkasten ist ein induktionsfreier Widerstand von 1 Ohm untergebracht, durch den das Auftreten eines zu starken Stromes bei Störungen in der Rückleitung des Bahnstromes verhindert wird; auch verhindert der Widerstand den Durchgang eines zu starken Wechselstromes bei durch den Zug herbeigeführtem Kurzschluß.

Der Hauptteil des Wechselstromrelais ist ein Aluminiumfächer in einem Wechselstromfeld, bei seiner Bewegung wirkt er auf einen Schalter ein. Das Wechselstromfeld wird durch Elektromagnete mit aus Platten gebildeten Polschuhen hergestellt. Der Fächer selbst bewegt sich in einer vertikalen Ebene, in seiner unteren Stellung wird er durch eine sehr feine Feder festgehalten. Wenn der Wechselstrom das Relais durchfließt, wird das Feld erregt, ein Aufsteigen des Fächers und damit Schließen des Schalters herbeigeführt.

Widerstände und Relais selbst sind in einem dritten Gußgehäuse untergebracht.

Des beschränkten Raumes wegen (zwischen den Tunnelgleisen) ist eine neue Art von Signalständern verwendet. Weil außerdem die Tunnelbeleuchtung nicht stark ist, war die Aufstellung von Armsignalen ausgeschlossen, es sind daher besondere Lichtsignale verwendet, entsprechend den Vorschriften der „American Railway Association“ ausgeführt.

Der Signalständer besteht aus einem Gehäuse, in dem sich zwei übereinanderliegende fensterähnliche Linsen befinden. Die obere bildet das sich auf den zunächstfolgenden Block beziehende Nahsignal, die untere das Fernsignal für den zunächstfolgenden Block. Hinter ihnen bewegen sich die Signalscheiben und zeigen Nahsignale und sogenannte Zwergsignalständer (für Wagenschuppen, Höfe u. dgl.) rotes Licht für „Gefahr-“ oder „Halt“-stellung. Das gelbe Licht der Fernsignale bedeutet „Vorsicht“. Alle Signale zeigen bei freier Strecke grünes Licht.

Es zeigen also
Fernsignale gelbes oder grünes,
Nahsignale rotes oder grünes Licht.

Außerdem ist, wenn auch kaum nötig, unterhalb jeder Linse auf weißem Grunde ein beweglicher Arm angebracht, seine wagerechte oder um 60° geneigte Stellung entspricht dem vorbeschriebenen Lichtsignal.

Die Signale auf den Hochbahnstrecken des Bahnsystems tragen Signal-

arme, die Wirkungsweise ist gleich der der Tunnelsignale, bei Nachtdienst tragen sie Farblichter.

Die Blocksignale und viele Weichen haben eine selbsttätige Zugbremseinrichtung. Diese setzt die Bremsen des fahrenden Zuges in Tätigkeit, wenn der Führer ein Haltsignal übersehen hat.

Durch die selbsttätige Bremsung wird gleichzeitig das selbsttätige Ausschalten des Motorstromes des betreffenden Zuges bewirkt. Wie aus Fig. 36 ersichtlich ist ein Anschlagarm neben einer Fahrschiene erhöht angebracht, diese wirkt in aufrechter Stellung auf ein besonderes Luftventil am Drehgestell jedes Motorwagens. Es wird so die Zugbremsleitung mit der Außenluft in Verbindung gebracht und die Bremsen treten in Tätigkeit.

Der Anschlagarm kann durch einen Luftzylinder umgelegt werden, der sich zwischen den Schwellen innerhalb des Gleises befindet.

Die Stellung des Anschlagarmes stimmt mit der des Nahsignales am Eingang eines Blockabschnittes überein. Zeigt das Nahsignal „Halt“ (rot), so ist auch der Anschlagarm in aufgerichteter Stellung, die die Bremsen auslösen würde. Ein schweres Gegengewicht hält den Anschlagarm in der aufgerichteten Stellung fest. Zeigt das Nahsignal „Freifahrt“, so tritt in den Luftzylinder Druckluft ein, das Gegengewicht wird gehoben und der Anschlagarm umgelegt. Der Arm verbleibt in dieser Stellung, solange das Nahsignal „Frei“ zeigt. Es kann also keine Beeinflussung der Bremsen eines vorüberfahrenden Zuges stattfinden.

Die Steuervorrichtung des Anschlagarmes ist in einem Gehäuse unterhalb des Schaltkastens an einem der Tunnelpfeiler angebracht (Fig. 36). Dies Gehäuse enthält ein elektromagnetisch auslösbares Luftventil von der Bauart der Signale, das mit dem Nahsignal so verbunden ist, daß sich die Stellungen der Signale entsprechen.

Sicherheitsvorkehrungen.

Um erforderlichenfalls beim Versagen der Signalstromkreise einen Zug über einen in Aktionsstellung befindlichen Anschlagarm führen zu können, ohne die selbsttätige Bremsung herbeizuführen, ist die Einrichtung getroffen, daß der Anschlagarm auch von Hand umgelegt werden kann und zwar durch Betätigung des Luftzylinders von Hand.

Es wird dann ein Schlüssel in das die Steuervorrichtung enthaltende Gehäuse eingeführt, bei seiner Drehung tritt Druckluft in den Zylinder ein. Solange der Schlüssel in seiner Drehstellung festgehalten wird, bleibt auch der Anschlagarm umgelegt, wird der Schlüssel entfernt, so richtet sich der Arm wieder auf.

Das elektrische Blocksignalsystem Spagnoletti.

Auf der Great Northern and City Railway in London ist auf eine Strecke von 5, 6 km Doppelgleise im Inneren Londons das elektrische Blocksignal — System Spagnoletti (Patent Spagnoletti, Brousson und Binyon) eingerichtet worden.[1])

Die genannte Strecke ist in 40 Blocks geteilt.

1) The Electrician, London, Bd. 56, S. 66.

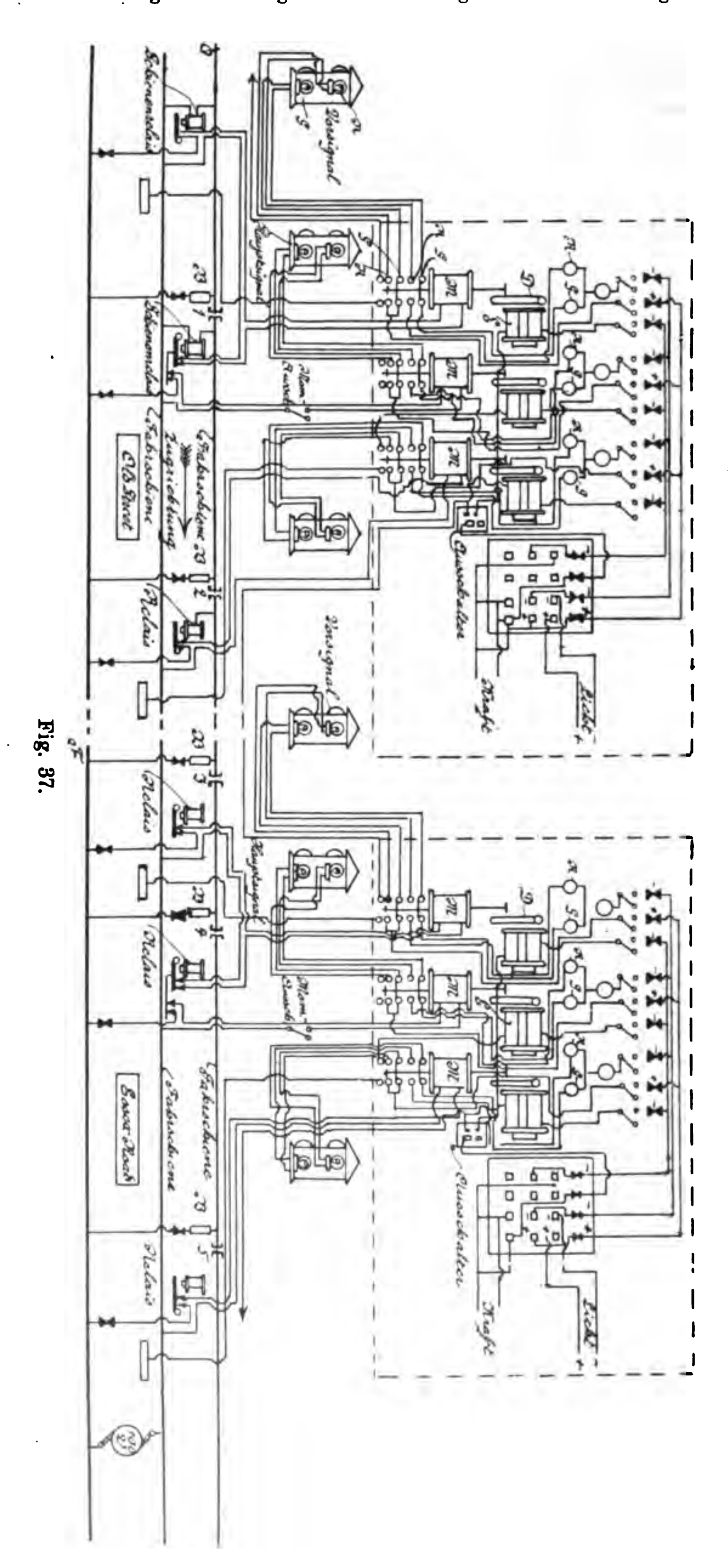


Fig. 37.

Die Fig. 37 zeigt die Strecke zwischen Station „Old street“ und „Essex-road“. Die beiden isolierten Stromzuführungsschienen sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

Der Grundgedanke des Systems besteht darin, daß die Signallampen durch den Zug selbst zum Aufleuchten gebracht werden und zwar befinden sich die Signale — elektrische Lampen — in den Tunnels und Signalarme auf offener Strecke stets in „Halt“-Stellung hinter einem Zug, gehen jedoch in die „Frei“-Stellung über, wenn der Zug einen gewissen Raumabstand durchfahren hat.

Signale in den vorhergehenden Blockabschnitten können hierbei nicht auf „Frei“ gehen, bis das Signal unmittelbar hinter dem Zug nicht vorher in „Haltstellung“ gegangen ist.

Die Einrichtung ist so getroffen, daß eine Unregelmäßigkeit in der Stromzuführung, Bruch der Schienen oder dgl. dadurch selbsttätig angezeigt wird, daß das Signal in die „Haltstellung“ geht.

Hervorzuheben ist außerdem noch, daß das gesamte Signalwerk in den Signalhäuschen untergebracht ist, also leicht zugänglich ist, in den Tunnels dagegen solche Signalwerke vermieden sind.

Am Ende jedes Blockabschnittes fließt der Strom vom Kabel *F* durch eine Reihe von parallel zum Blockabschnitt geschalteten Glühlampen, die einen regulierbaren Widerstand *B* darstellen, dann fließt der Strom durch ein direkt wirkendes Schienenrelais, das zwischen die Gleise geschaltet ist, und kehrt zu einem in Highbury stationierten 100 Volt-Generator durch die fortlaufende Schiene zurück (s. das Schaltungsschema). Die Anordnung ist so getroffen, daß die Spannung zwischen den Gleisschienen konstant ca. 3 bis 4 Volt beträgt, was in jedem Falle leicht durch den Widerstand *B* erreicht werden kann.

Die sonstige Wirkungsweise der Signaleinrichtung sei an Hand des Schaltungsschemas erläutert unter der Annahme, daß ein Zug von der linken Seite einfährt, alle Signale mögen hierbei auf „Grün“ stehen. Sobald der Zug in den Blockabschnitt 0 bis 1 eintritt, wird das erste Schienenrelais durch die Räder und Achsen des Zuges kurz geschlossen und sein Anker fällt ab. Der Strom hört nun auf durch den ersten Hauptsolenoiden *M* zu fließen und sein Eisenkern fällt durch Eigengewicht herab und stellt die Signale (in Tunnel und im Signalhäuschen) des Vorsignales der Station Old-street auf „Halt“. Wenn der Zug nach Station 1 bis 2 gelangt, wird das zweite Relais kurz geschlossen. Dies veranlaßt eine zweite Stromunterbrechung bei dem ersten Hauptsolenoid und zugleich wird der Strom zum zweiten Solenoid unterbrochen. Der Kern des letzteren fällt nun ab, so daß die Hauptsignale in Tunnel und Häuschen in die „Haltstellung“ gehen. Jedesmal wenn der Eisenkern herabfällt, hält die Sperrung *D* ihn in der Tieflage fest, so daß er nicht wieder in die Höhe gehen kann, selbst wenn seine Solenoidspule erregt würde.

Wenn der ganze Zug zwischen Abschnitt 1 bis 2 in der Station ist, wird das erste Schienenrelais wieder erregt und zieht seinen Anker an. Es kann jedoch noch kein Strom durch den ersten Solenoiden fließen, da sein Strom noch durch das zweite Schienenrelais unterbrochen ist. Das Signal auf Station „Old-street“ steht beim Eintritt in den Tunnel nach Station Essex-road und folglich gerade gegenüber dem Zugführerraum noch auf „Grün“ und der Zug fährt weiter. Wenn die Vorderräder desselben nach

Abschnitt 2 bis 3 gelangen, wird die dritte Schiene kurz geschlossen, der Kern des dritten Solenoiden *M* fällt ab, das Signal in Old-street zeigt „Rot“ und zwei Kontakte werden metallisch verbunden. Nach einer gewissen Zeit hat der Zug Station 1 bis 2 verlassen und das zweite Schienenrelais erhält Strom. Es fließt demzufolge Strom durch den ersten und zweiten Solenoiden, aber ihre Kerne können wegen der Sperrung bei *D* noch nicht hochgehen. Es zeigen also Vor- und Hauptsignal der Station Old-street noch „Halt“. Einen Augenblick später wird durch einen besonderen Bürstenkontakt am Ende des Zuges, dadurch daß dieser mit der 500 Volt-Bahnleitung in Verbindung gelangt, ein Stromstoß erzeugt, der genügend ist, um die beiden ersten Sperrungen *D* auszulösen, so daß die entsprechenden Solenoidkerne aufwärts gehen und zu gleicher Zeit Vor- und Hauptsignal in Old-street „Frei“ zeigt. Der dritte Solenoidkern bleibt noch gesenkt, da er noch nicht ausgelöst ist und steht also der Signalarm in Old-street noch auf „Rot“.

Gelangt der Zug nach Abschnitt 3 bis 4, so fällt der Kern des vierten Solenoiden *M* ab, das Vorsignal in Station Essex-road geht auf „Rot“ und nach einer Weile bewirkt der vorgenannte Bürstenkontakt am Ende des Zuges eine Erregung des dritten Elektromagneten *E*. Der Kern des dritten Solenoiden *M* wird angezogen und der Signalarm in Old-street geht auf „Grün“. Dieses Spiel wiederholt sich dann in gleicher Weise wie vorstehend beschrieben.

Blocksignalsystem der Britich-Pneumatic-Railway-Signaling-Co.

Ein gleichfalls unter Anwendung von Druckluft arbeitendes Blocksignalsystem ist das von der „British-Pneumatic-Railway-Signaling-Co. in London auf der 10 Kilometer langen Strecke Gratley-Andover der South Western-Eisenbahn eingerichtete.

Es werden dort die ca. 5 je 2 Kilometer voneinanderliegenden, aus Flügelsignalen bestehenden Blocksignalposten durch Druckluft bewegt und elektrisch durch die Züge gesteuert.

Das System verwendet gleichfalls streckenweise isolierte Gleise. Zwischen diesen ist an der Eintrittsstelle ein Relais, an der Austrittsstelle eine Batterie geschaltet. Beim Stromloswerden des Relais unterbricht es die Ortskreise von Elektromagneten, die in der Normallage die Signalflügel mittels Druckluft in Fahrstellung gehalten haben. Außerdem wird hierbei das Vorsignal der vorliegenden Strecke auf „Halt“-Stellung gebracht.

Fig. 38 zeigt das Wesentlichste der Einrichtung jedes Blockabschnittes.[1]) Weggelassen ist das Streckensignal: zwei auf dem Maste übereinanderliegende Flügel, rot und grün, wie auf dem Schema Fig. 39 zu ersehen, der höhere stellt das Hauptsignal des Blockabschnittes und der tiefer liegende das Vorsignal für den nächstfolgenden Nachbarblockabschnitt dar.

Die Schienenstränge t_1 und t_2 (Fig. 38) des Gleises jedes Blockabschnittes wirken als Stromleitungen mit und sind deshalb an den Abschlußpunkten J_1 und J_2 beziehungsweise i_1 und i_2 durch nicht leitende Schienenstoßverbindungen von den Nachbarsträngen isoliert. Am Beginne des Abschnittes zunächst J_1 und i_1 ist ein Relais r_1 und am Ende des Abschnittes bei J_2 und i_2 eine Batterie B_1 zwischen die beiden isolierten Schienenstränge eingeschaltet. Unter gewöhnlichen Verhältnissen ist also der Strom der Batterie

1) Dinglers Polytechnisches Journal, Band 317 (1902), S. 723.

über t_1, r_1 und t_2 dauernd geschlossen und hält den Relaisanker a_1 in der angezogenen Lage fest.

Durch diesen angezogenen Relaisanker wird der Ortsstromkreis einer beim Blocksignal aufgestellten Batterie b_1 auf doppeltem Wege geschlossen:

1. An der Blockstelle selbst über die Spulen eines Steuerungselektromagneten M_1 des Hauptsignales und 2. durch Vermittelung des Stromschließers

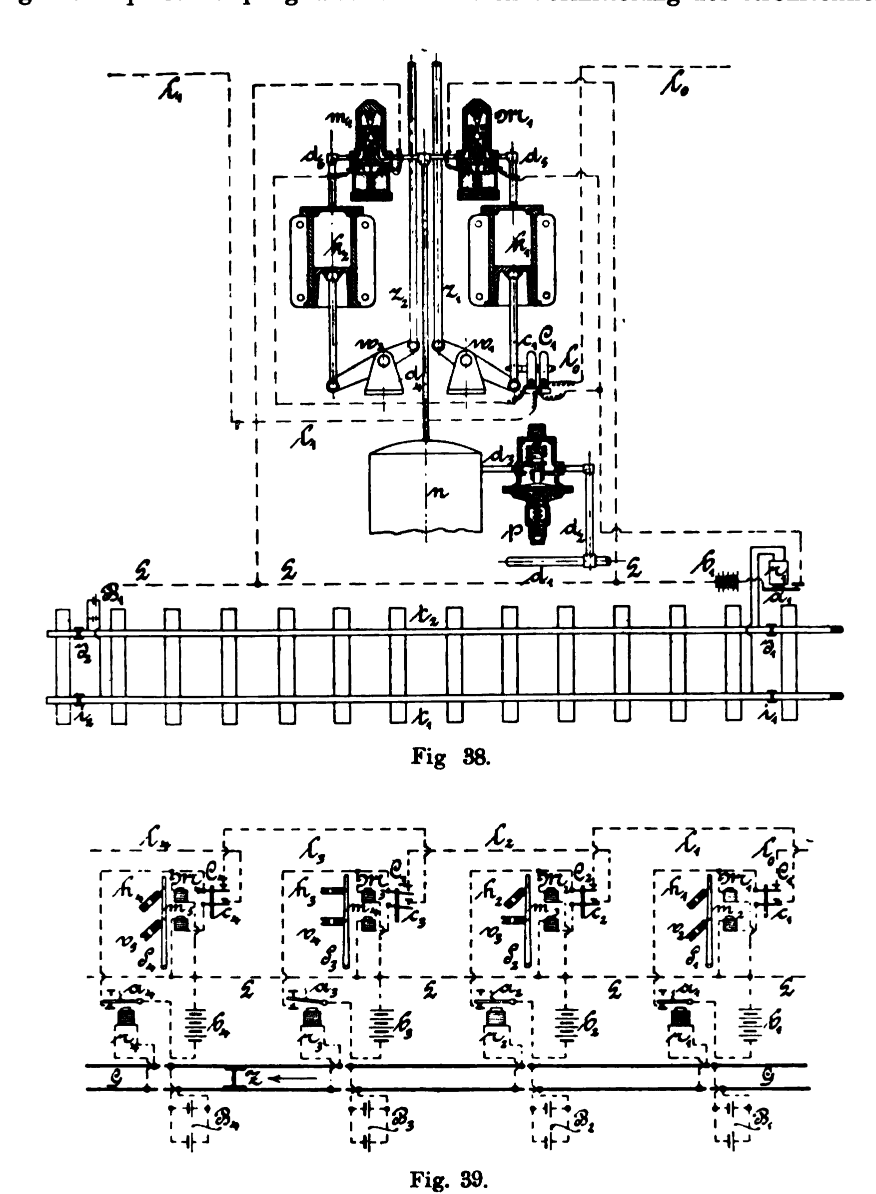


Fig 38.

Fig. 39.

C_1 und der Fernleitung l_0 über den Steuerungselektromagneten des zugehörigen Vorsignales am vorausliegenden Blockposten.

Fig. 38 zeigt den letztgenannten Stromweg, m_1 ist der Steuerungselektomagnet des Vorsignales zum vorausliegenden Nachbarblockabschnitt: von der Batterie des nächsten Postens über die Fernleitung l_1, durch Strom-

schließer c_1 in die Spulen von m_1 und über die gemeinsame Rückleitung L zum zweiten Pol der Batterie zurück.

Steuerungselektromagnete und Stellvorrichtungen für Haupt- und Vorsignal sind am Maste symmetrisch nebeneinander angebracht.

Der Anker jedes Steuerungselektromagneten wirkt durch eine Stange derart auf ein Doppelventil, daß dieses, solange der Anker vom Elektromagneten angezogen bleibt, den Weg für die aus Behälter n kommende Druckluft über die Röhre d_5 und d_6 zum Kolbenzylinder k_1 und k_2 des zugehörigen Signalstellwerkes offen hält. Infolge des hierbei im Zylinder vorhandenen Überdruckes wird der betreffende Kolben nach abwärts geschoben und die vom Winkelhebel w_1 und w_2 und Zugstange z_1 und z_2 bewegten Signalflügel zeigen freie Fahrt. Diese Signallage der Flügel gilt als Grundstellung und besteht immer, wenn und solange sich kein Zug im Blockabschnitt befindet.

Die Druckluft wird in einem von einer Gasmaschine angetriebenen Verdichter erzeugt, die Drucklufteinrichtung soll hier nur in soweit erläutert werden, als sie für den Betrieb des Stellwerks selbst in Frage kommt. Aus dem Vorratbehälter n gelangt die Druckluft durch die Röhre d_4 und d_5 bzw. d_6 in beide Stellwerkszylinder, vorausgesetzt, daß wie oben bemerkt, die Relaisspulen r_1 und die Spulen der Steuerungselektromagnete von Strom durchflossen sind.

Bei Eintritt eines Zuges in den Blockabschnitt erzeugt sein erstes Räderpaar, wenn es hinter J_1 und i_1 gelangt, eine Verbindung zwischen t_1 und t_2. d. h. einen Kurzschluß der Batterie B_1. Das Relais r_1 wird stromlos und die Batterie b_1 hört auf wirksam zu sein. Hierdurch fällt der Elektromagnetanker bei M_1 ab und die niedergehende Ankerstange verschließt die Verbindung zwischen Rohr d_4 und d_5 und öffnet eine mit d_5 verbundene Ausströmung, durch die die über Kolben k_1 befindliche Druckluft ins Freie entweichen kann. Nun wirkt das natürliche Übergewicht des zugehörigen Signalflügels: z_1 wird abwärts und Kolben k_1 wird nach aufwärts getrieben und der Signalflügel des Hauptsignales gelangt in die Lage „Halt".

Durch das Abreißen des Relaisankers a_1 wird auch Leitung l_0 stromlos und das zugehörige Vorsignal am rückliegenden Blockposten stellt sich gleichzeitig und in gleicher Weise auf Halt ein, wie das Hauptsignal.

Außerdem ist das von m_1 gesteuerte Vorsignal der vorausliegenden Nachbarblockstrecke auf „Halt" gebracht und zwar dadurch, daß der Kolben k_1 des Hauptsignales bei seiner Umstellung von „Freie Fahrt" auf „Halt" beim Aufwärtsgehen auf mechanischem Wege den Strom in den Schaltern C_1 und c_1 unterbricht.

Es findet also eine gleichzeitige Deckung des in die Blockstrecke eingefahrenen Zuges mittels dreier Signalflügel statt:

1. durch das Hauptsignal,
2. durch das zugehörige Vorsignal,
3. durch das zur vorausliegenden Blockstrecke gehörige Vorsignal.

Diese Deckung bleibt bestehen, bis der Zug den Blockabschnitt verläßt und seine letzte Achse die Batterieanschlüsse nächst den Gleisenden J_2 und i_2 überfahren hat, wobei die ersten Achsen des Zuges bereits am Blockposten der anstoßenden Strecke in der oben betrachteten Weise die Zugdeckung von neuem bewirkt haben. Wenn nach Freiwerden der Strecke (Austreten des Zuges aus dem Blockabschnitt) das Relais r_1 und somit auch

b_1 wieder in Tätigkeit getreten sind, so verschließt im Steuerungselektromagneten M_1 der angezogene Anker die Ausströmungsöffnung, während er gleichzeitig Verbindung zwischen d_5 und d_4 herstellt. Die über den Kolben k_1 gelangende Druckluft schiebt diesen abwärts, es wird also der Signalflügel des Hauptsignales durch w_1 und z_1 in seine Grundstellung für „Freie Fahrt" zurückgebracht.

Beim Niedergang der Kolbenstange wird auch der Strom in c_1 und C_1 wieder geschlossen, und der zum Freistellen des zugehörigen Vorsignales erforderliche Teilstrom der Batterie b_1 kann seinen Weg über l_0 zum rückliegenden Nachbarposten nehmen und dort ebenfalls das Einziehen des Warnungssignales bewirken. Nur das von m_1 gesteuerte Vorsignal kann trotz des in l_0 wieder hergestellten Stromweges nicht in die Freilage zurückgehen, weil der betreffende über l_1 eintreffende Betriebsstrom inzwischen durch den Zug beim nächsten Blockposten unterbrochen worden ist.

Die einzelnen aneinandergereihten Blockabschnitte sind ganz gleich angeordnet. Nach Fig. 39 ist angenommen, daß sich zwischen dem dritten und vierten Blockposten der durch z angedeutete Zug in der Pfeilrichtung bewegt.

Als der Zug in den betreffenden Abschnitt einfuhr, hatte er die beiden Signalflügel h_8 und v_4 in der Signallage für Freie Fahrt (am ersten und letzten Posten dargestellt) vorgefunden. Der eingefahrene Zug schloß dann die Batterie B_4 kurz, das Relais r_3 und weiter die Steuerungselektromagneten M_3 des Hauptsignales h_3 und m_3 des Vorsignales v_3 wurden stromlos, es stellte sich also h_3 und v_3 auf Halt ein. Hierdurch wurden durch die Kolbenstange des Hauptsignales h_3 auch die beiden Stromschließer C_3 und c_3 unterbrochen und das Vorsignal v_4 ging, da seinem Steuerungselektromagneten m_4 der von b_4 über l_3 kommende Betriebsstrom entzogen worden ist, auf „Halt". Beim Übertritt des Zuges mit den beiden ersten Räderpaaren in den anstoßenden Blockabschnitt bringt er, gleichwie vorher h_3, v_3 und v_4 und auch h_4, v_4 und v_5 in die Haltlage. Von da an ist also der Zug so lange durch 5 Flügel gedeckt, bis die letzte Zugachse über die Schienenanschlüsse der Batterie B_4 hinweggelangt. Es stellen sich dann h_3 und v_3 wieder auf Freie Fahrt zurück und verbleiben nur h_4, v_5 und v_4 auf „Halt", solange sich der Zug im fünften Blockabschnitte befindet.

Der große Vorteil dieser Anordnung besteht in der großen Betriebssicherheit. Da nur Ruhestromschaltung verwendet ist, so bewirkt jeder Leitungsbruch ein Versagen der Batterie oder ein Schienenbruch eine selbsttätige Haltstellung aller im Bereiche des Fehlers liegenden Signalflügel, kann aber keine gefährliche Signalfälschung veranlassen.

Das Kinsmansche Blocksystem.

Bei dem KINSMANschen Blocksystem,[1]) sind Hilfskontaktschienen RR' (Fig. 40) an der Bahnlinie entlang oder in der Nähe der sichtbaren Signale verteilt, im übrigen hängt die Verteilung dieser Schienen von der Bahnlage an den zu sichernden Punkten derselben ab.[2])

1) Electricial World and Engineer, Bd. 39, S. 306.

2) Wenn das System in Verbindung mit automatischen oder von Hand betriebenen sichtbaren Signalen Verwendung finden soll, sind die Leitungsdrähte in Verbindung mit denen dieser Signale gebracht.

Das auf der Fig. 40 dargestellte Beispiel einer solchen Sicherungsanlage zeigt hierbei die Verwendung einer Hilfsbatterie, diese ist aber kein wesentliches Merkmal des Systems.

KINSMAN verwendet die auch sonst übliche Anordnung, daß an der Eintrittsstelle in die Blockstelle ein Relais L_2, an der Austrittsstelle eine Batterie K' zwischen den isolierten Schienen liegt. Wird der Stromkreis B im Relais (durch Kurzschluß oder Unterbrechung) aufgehoben, so legt sich sein Anker an einen Kontakt h'. Dadurch wird eine zweite Batterie K mit den innerhalb des Gleises neben den Fahrschienen liegenden Hilfsschienen $R R'$ verbunden. Ein Teil des Stromes fließt durch den Widerstand S zwischen diesen Schienen. Die Schienen werden von einem Paar isolierter Kontakträder befahren (auf der Figur nicht dargestellt), zwischen denen auf der Lokomotive ein Alarm und ein Magnet zur Auslösung der Bremse eingeschaltet wird.

Die Einwirkung auf den Signalarm S_3 (Anzeige von Gefahr) erfolgt durch die Stromunterbrechung beim Kontakt h.

Zu bemerken ist, daß die Einrichtung am Gleise angebracht werden kann, ohne daß alle Züge für dieses System ausgerüstet werden müssen.

System Bartelmus.

Ein selbsttätiges elektrisches Blocksignalsystem, bei dem unter Verwendung einer besonderen isolierten Mittelschiene in eigenartiger Weise durch Verteilung von elektrischen Widerständen auf der gesamten Blockstrecke die Signalabgabe bzw. die Bremsenauslösung herbeigeführt wird, ist das von BARTELMUS in der Zeitschrift für Elektrotechnik Wien, Jahrgang 1902, S. 129 ff. ausführlich beschriebene.

Das Prinzip dieses Systems sei hier kurz wiedergegeben.

In die isolierte Mittelschiene ist in Entfernungen von je 200 Metern ein Widerstand von 1 Ohm eingeschaltet. An dem Blockposten wird zwecks Abgabe des Haltsignales zwischen der Mittelschiene und den Fahrschienen ein Kurzschluß hergestellt. Auf der Lokomotive selbst befindet sich eine Stromquelle, die bei 60 Volt bis zu 20 Ampere zu liefern vermag und in Reihe mit den Signalapparaten zwischen die Fahrschienen und die Mittelschiene gelegt ist.

Auf 2400 Meter Entfernung (entsprechend 5 Ampere) erfolgt ein Warnungssignal, auf 1200 Meter (10 Ampere) das Haltsignal. Sollte der Zug weiter fahren, so werden bei 600 Meter die Bremsen ausgelöst. Ähnlich wie der Kurzschluß an den Blockposten wirkt die Annäherung zweier Züge.

In Irland gebräuchliches Blocksignalsystem (Stabsystem).

Ein eigenartiges Blocksignalsystem sei gleichfalls hier nur kurz erwähnt, das in Irland gebräuchlich ist, dasselbe ist von KINSEY in „The Electrician", London, Bd. 49, S. 181 ausführlich beschrieben.

Es wird in Irland auf den eingleisigen Strecken ein Stabsystem benutzt, bei dem nur der Besitz eines Stabzeichens zur Fahrt berechtigt.

Auf Strecken, die nicht regelmäßigen Hin- und Herverkehr haben, sondern auf denen zeitweise Züge in derselben Richtung abgelassen werden, wird ein Apparat von WEBB und THOMPSON gebraucht. Dieser läßt die Entnahme

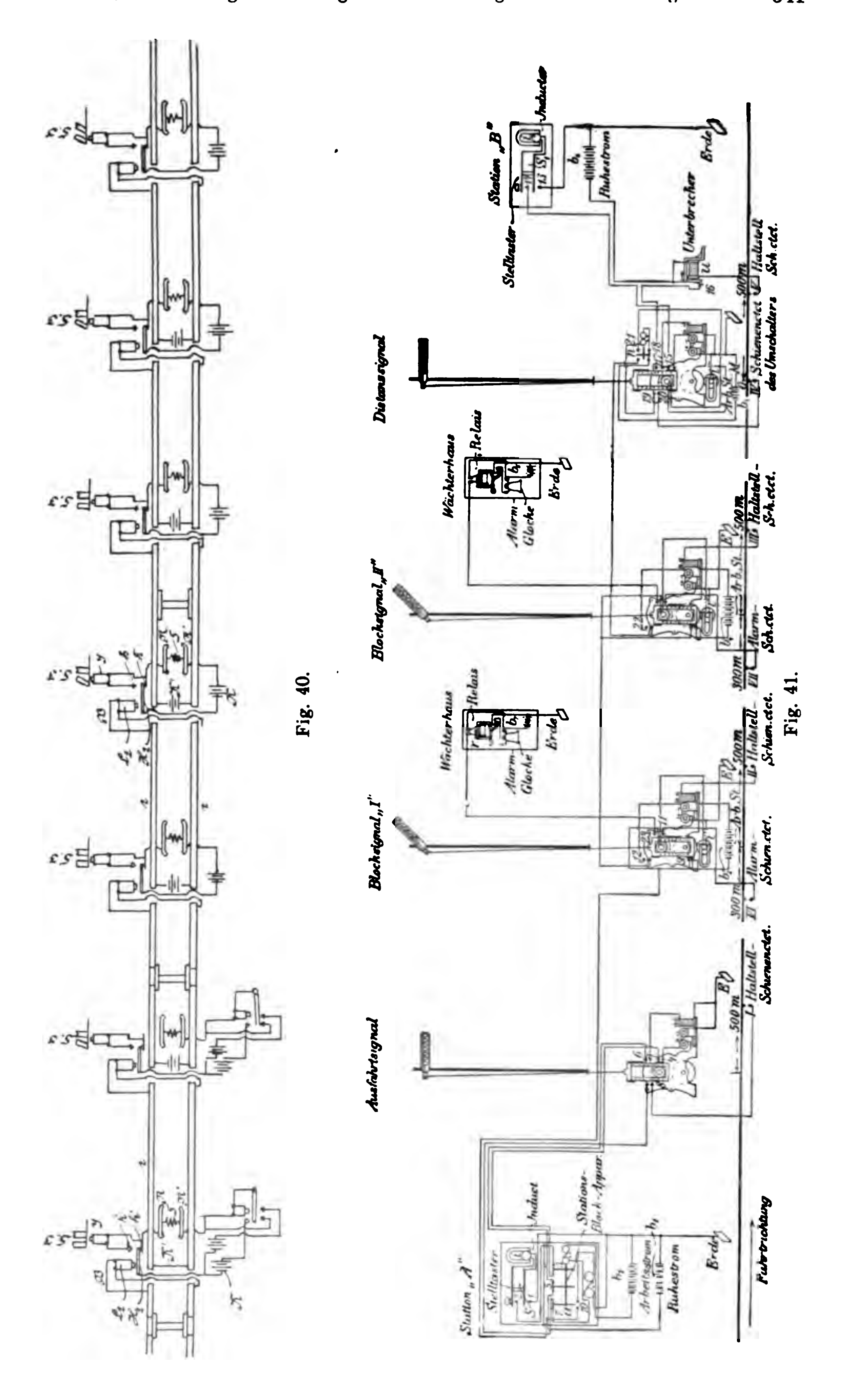

Ausfahrsignal
Blocksignal „I“
Blocksignal „II“
Distanzsignal
Station „A“
Station „B“
Stelltaster
Wächterhaus
Relais
Alarm-Glocke
Erde
Unterbrecher
Ruhestrom
Fahrtrichtung

Fig. 40.

Fig. 41.

eines weiteren Stabes erst zu, wenn an der Blockstelle ein Stab an den korrespondierenden Blockapparat zurückgegeben ist.

In Österreich-Ungarn eingeführte Systeme.

Von den in Österreich-Ungarn eingeführten Blocksignalsystemen mögen hier zwei Systeme näher beschrieben werden, von denen das erste, auf der ungarischen Südbahn zur Ausführung gelangte ein rein selbsttätiges darstellt, während das zweite von FRANZ KRIZIK ausgearbeitete in einer rein selbsttätigen und einer teilweise selbsttätigen Ausführungsform besteht und sich bereits mannigfach Eingang verschafft hat.

Die elektrisch-automatische Blocksignalanlage der ungarischen Südbahn[1]) ist von der Vereinigten Elektrizitäts-A.G. Budapest ausgeführt und seit 1899 auf der zweigleisigen Strecke Kanizsa-Mura Keresztur der ungarischen Südbahnlinie in Verwendung. Von dem Erfinder des Systems ist von dem Grundsatze ausgegangen worden, daß außer den für die Sicherheit des Verkehrs nötigen Bedingungen auch die erfüllt werden muß, daß die Konstruktion der Verkehrsmittel, wie Lokomotiven und Waggons dadurch nicht beeinflußt werden dürfen.

Außerdem bleibt bei dem System bei Eintritt eines Fehlers (zufälliges Versagen eines Streckenblockapparates) die Deckung des Zuges unbedingt aufrecht erhalten. Letzterer Umstand ist für die Betriebssicherheit derartiger selbsttätiger Blockeinrichtungen besonders wichtig.

Die verwendeten Signale sind:

Ausfahrtssignale,

Blocksignale und

Distanzsignale.

Die Zahl der Blocksignale entspricht der Zahl der Sektionen, in die die Strecke geteilt werden soll.

Die Triebwerke zur Bewegung der Armsignale haben zwei elektromagnetische Auslösungen und zwar

1. zur Hervorbringung der Stellung „Frei“ mittels Wechselstrom und
2. zur Hervorbringung der Stellung „Halt“ mittels Gleichstrom.

Die Einstellung erfolgt wechselweise und zwar lassen die auf einer gemeinschaftlichen Achse aufgekeilten gegeneinander um 180° verdrehten Exzenter nur immer eine der Hemmungen zur Wirkung kommen.

Die Bewegung des Apparates erfolgt durch eine Seiltrommel mittels Gewichtes. Das Gewicht wird zweimal täglich und zwar beim Aufstecken und Abnehmen der Laternen mittels Kurbel vom Streckenwärter aufgezogen.

Das auf die Seiltrommel aufgekeilte Bodenrad greift in ein Räderwerk ein. Dieses regelt den Gang des Laufwerkes, stellt die wechselweise Arretierung her und betreibt einen in das Laufwerk eingebauten Wechselstrominduktor.

Der Armsignalflügel ist mit einem Schlitten gekuppelt, der durch Eingreifen eines am halben Umfange gezahnten Triebwerkrades jeweilig auf- und abbewegt wird. Durch diese Bewegung wird die „Frei-“ oder „Halt“-Stellung des Signales bewirkt.

Der Austritt der vom Induktor erzeugten Wechselströme wird durch einen Kollektor auf der Triebwerkachse geregelt derart, daß nur bei Be-

1) Elektrot. Zeitschrift 1901, S. 216. (EHRENFEST).

wegung des Armsignales von „Frei“ auf „Halt“ diese Ströme in die Linie geschickt werden. Bei Signalbewegung „Halt“ auf „Frei“ ist die Induktorleitung am Kollektor unterbrochen.

Die „Halt“-Stellung der Signale wird durch Gleichstrom (Ruhe- oder Arbeitsstrom) hervorgebracht und zwar schließen hierbei eingebaute Schienenkontakte den Strom; zur „Frei“-Stellung dient Wechselstrom, der durch den im folgenden Signale eingebauten Induktor erzeugt wird, sobald das Signal von „Frei“ auf „Halt“ geht.

Für das Ausfahrtssignal und das Distanzsignal ist die Normalstellung „Halt“, für die Blocksignale „Frei“.

An Hand des Schaltungsschemas Fig. 41 sei die Fahrt eines Zuges von Station „A“ nach Station „B“ verfolgt.

Auf Station „A“ befindet sich ein Doppelstelltaster S, ein Induktor i und ein Deblockierapparat a. Letzterer ist ein gewöhnlicher Apparat, der durch eine elektromagnetische und auf Gleichstrom ansprechende Auslösung umschaltbar ist, eine zweite auf Wechselstrom ansprechende Auslösung stellt ihn automatisch zurück.

Soll ein Zug Station „A“ verlassen, so hat der Beamte den Stellschalter S zu drücken und die Induktorkurbel zu drehen.

Der Stromlauf ist dann folgender:

Von einem Induktorpol ist Stromschluß über Kontakt *1* des Stelltasters zur Erde, vom anderen Pol über Kontakt *2* des Stelltasters S, Kontakt *3* (in der Normalstellung des Deblockierapparates geschlossen) über Doppelkontakt *4* des Ausfahrtssignales (bei „Halt“-Stellung geschlossen) durch die Wechselstromauslösung dieses Signales zur Erde: es erfolgt durch diesen Strom eine Auslösung des Triebwerkes, das Ausfahrtssignal geht auf „Frei“ und der Zug kann ausfahren.

Bei der „Frei“-Stellung des Ausfahrts-Signalarmes fließt ein Strom der Batterie b_1 (Ruhestrom), da der eine Pol derselben ständig an Erde gelegt ist. Der zweite Pol ist über Kontakt *5* (in der Normalstellung des Deblockierapparates geschlossen) Doppelkontakt *6* des Ausfahrtsignales (nunmehr geschlossen) und durch die Gleichstromauslösung dieses Signales zur Erde geschaltet. Dieser Stromschluß ist durch Doppelkontakt *6* hergestellt und erhält die „Frei“-Stellung dieses Signales, bei Unterbrechung dieses Stromes geht es sofort auf „Halt“. Die Unterbrechung erfolgt entweder normalmäßig durch den Zug, im Notfall kann sie vom Stationsbeamten durch mechanischen Eingriff herbeigeführt werden.

Nunmehr gelangt der Zug zu Schienenkontakt I; die Entfernung in Fahrtrichtung nach diesem Signale betrage ca. 500 Meter, damit eine „Halt“-Stellung des Signales erst dann erfolgt, wenn der ganze Zug von normaler Länge vorbei ist, also der Wärter des letzten Wagens die Stellung der Signale noch kontrollieren kann.

Durch die Schienendurchbiegung wird folgender Stromlauf hergestellt:

Von der Batterie b_2 (Arbeitsstrom) in Station „A“ ausgehend ist deren einer Pol an Erde angeschlossen, der andere Pol ist über das Gleichstrom-Elektromagnetsystem (+ +) des Deblockierapparates a, den Kontakt *7* (in Normalstellung geschlossen) und über Doppelkontakt *8* des Ausfahrtsignales — nunmehr infolge „Frei“-Stellung dieses Signales geschlossen — mit Schienenkontakt I verbunden, er erhält also durch die Schienendurchbiegung Schluß an Erde. Es wird hierdurch am Deblockierapparat a umgeschaltet

und werden beide Stromkreise unterbrochen, das Ausfahrtsignal geht folglich (vgl. oben!) sofort auf „Halt“.

Die Unterbrechung des durch Schienenkontakt hergestellten Stromkreises hat das Ausschalten des Elektromagneten, der das Umschalten des Deblockierapparates *a* bewirkte, hervorgerufen, beim Passieren der weiteren Waggons üben also die weiter am Schienenkontakte entstehenden Stromimpulse keine Wirkung mehr auf den Deblockierapparat aus.

Auch kann durch den Beamten das Ausfahrtsignal nicht mehr auf „Frei“ gestellt werden, da der Kontakt *3* im Deblockierapparat unterbrochen ist.

Die Umstellung des letzteren wirkt auf ein mechanisch-optisches Signal ein. Dieses gibt dem Stationsbeamten insofern stets Aufschluß über den Zustand der ersten Blockstrecke, als bei Normalstellung des Deblockierapparates ein weißes Feld sichtbar ist und dieses nach Umschaltung des Apparates — Besetzung der ersten Blockstrecke — rot wird und es so lange bleibt, bis der Zug die erste Blockstrecke verlassen hat.

Der Zug ist nun zwischen Ausfahrtsignal und Blocksignal I und ist durch ersteres gedeckt. Das Blocksignal zeigt hierbei „Frei“, vorausgesetzt, daß sich im nächstfolgenden Blockabschnitt kein Zug befindet.

Wenn der Zug Schienenkontakt II (wiederum 500 Meter weiter in Fahrtrichtung eingebaut) erreicht hat, entsteht folgender Stromschluß:

Ein Batteriepol b_3 ist durch die Gleichstromauslösung (+ +) an Schienenkontakt I angeschlossen und erhält beim Vorbeifahren des Zuges an dieser Stelle Erde.

Der Strom vom anderen Batteriepol geht über Doppelkontakt *9* des Blocksignales und, indem er den geschlossenen Kontakt *10* des Deblockierapparates *a* in der Station „A“ und die Wechselstromauslösung (+ —) dieses Apparates passiert, zur Erde. Durch diesen Stromschluß wird das Triebwerk mittels der Gleichstromauslösung des ersten Blockapparates ausgelöst und sofortige „Halt“-Stellung dieses Signales bewirkt. Der in der zweiten Blockstrecke befindliche Zug wird also gedeckt.

Durch die Triebwerksbewegung wird der im Triebwerk eingebaute Induktor i_1 gedeckt und sendet Wechselströme aus, die wie nachstehend verlaufen:

Ein Induktorpol ist ständig an Erde, der zweite führt zu dem im Laufwerk angebauten Kollektor *11*. Letzterer stellt mit der weiteren Leitung bloß bei dieser Bewegung von „Frei“ auf „Halt“ den Kontakt her.

Bei dieser Bewegung des Blocksignales findet der Strom des an den Kollektor angeschlossenen Induktorpoles weiter Anschluß an die Leitung und gelangt in gleicher Weise wie der soeben beschriebene Gleichstrom über Kontakt *10* des Deblockierapparates *a* und nach Durchfließen der Wechselstrom-Auslösung dieses Apparates zur Erde. Der Wechselstrom führt den Deblockierapparat bei „A“ wieder in Normalstellung, d. h. die rote Scheibe verschwindet und die die Normalstellung anzeigende weiße Scheibe wird sichtbar.

Der Beamte kann nun wieder einen neuen Zug in die erste Strecke einlaufen lassen, da er wie vorbeschrieben das Ausfahrtssignal auf „Frei“ stellen kann.

Beim nächsten Blocksignal wiederholt sich der Vorgang analog wie beim vorhergehenden Signal, es setzt also der Zug, wenn das Blocksignal „Frei“ zeigt, seine Fahrt ungehindert fort und bringt nach Erreichen des Schienen-

kontaktes III dieses in die „Halt“-Stellung, das rückwärts gelegene Blocksignal dagegen durch die gleichzeitig entsendeten Wechselströme in die „Frei“-Stellung.

Der Batteriestrom findet Erde bei Schienenkontakt III, dann durch die Freileitung nach Durchlaufen des noch geschlossenen Kontaktes *12* durch das Wechselstromsystem des betreffenden Signales.

Es wirkt wieder der Wechselstrom des Induktors i'', dieser Strom läuft in diesem Falle zur Erde durch die Freileitung, den Doppelkontakt *12* und die Wechselstromauslösung.

Das Triebwerk dieses Signales wird wieder ausgelöst und das Signal wieder auf „Frei“ gestellt.

Somit ist auch die zweite Strecke für einen etwa nachfolgenden Zug geöffnet.

Jetzt wird der Zug in Station „*B*“ erwartet. Um Einfahrt in die Station zu erhalten, muß der Beamte dieser Station das normal auf „Halt“ stehende Distanzsignal auf „Frei“ bringen, dies geschieht durch Niederdrücken des Doppelstelltasters S_1 und Drehen des Induktors i_1.

Der Strom verläuft wie folgt: Der eine Induktorpol liegt über Kontakt *13* des Doppelstelltasters an Erde, der andere Pol ist über Kontakt *14*, Doppelkontakt *15* des Distanzsignales und die Wechselstromauslösung dieses Signales gleichfalls mit Erde verbunden.

Der entsendete Wechselstrom löst also beim Durchfließen der Wechselstromauslösung das Triebwerk aus und bringt das Signal in „Frei“-Stellung.

Der Stromlauf des eingebauten Induktors i''' ist hierbei beim Kollektor des Triebwerkes unterbrochen, die am Induktor erzeugten Ströme bleiben also wirkungslos.

Bei der „Frei“-Stellung dieses Signales fließt ein Strom der Batterie b_6, da ein Batteriepol an Erde liegt und der andere über Ruhekontakt *16* eines Stromunterbrechers *u* über den jetzt geschlossenen Doppelkontakt *17* und Gleichstromauslösung des Signales gleichfalls an Erde liegt. Der durch Schließen des Kontaktes *17* entstandene Strom erhält die „Frei“-Stellung dieses Signales.

Beim Erreichen des Schienenkontaktes IV (unmittelbar neben dem Signal eingebaut) entsteht ein von Batterie b_5 ausgehender Stromkreis, der einen im Signal untergebrachten Umschalter *n* in Tätigkeit setzt. Das Umschalten erfolgt durch ein Elektromagnetsystem (Gleichstrom) und die Zurückführung in die Normalstellung mechanisch durch Bewegung des Triebwerkes, mit dem er gekuppelt ist. Der Stromlauf, der die Umschaltung bewirkt, ist folgender:

Der eine Batteriepol liegt an Erde, der Strom vom anderen Pol fließt durch den in der Normallage geschlossenen Kontakt *18* des Umschalters, die elektrische Auslösung, den geschlossenen Doppelkontakt *19* und geht an den Schienenkontakt, der beim Passieren des Zuges ebenfalls Erde bekommt.

Nach der Umschaltung ist auch dieser Stromkreis bei Kontakt *18* unterbrochen.

Der Zug erreicht beim Einfahren Schienenkontakt V (wieder 500 Meter entfernt), es erfolgt Stromschluß gleichfalls von Batterie b_6 aus, jetzt durch den Elektromagnet des Stromunterbrechers *u*, wodurch dessen Anker angezogen wird und den vorbeschriebenen Stromlauf bei Ruhekontakt *16* unterbricht. Obgleich dieser Strom gegen die vorbeschriebene eine verkehrte

Eintrittsrichtung besitzt, wirkt er doch in gleichem Sinne wie dieser, da er durch die zweite Spule seinen Weg nimmt und sonach nochmals umgekehrt wird. Diese Verlängerung des ersten Stromes durch den zweiten und somit Sicherung bezüglich seiner Wirkung ist auch mit beabsichtigt.

Käme dagegen der Strom an eine Blockstelle, bei der die Polarität der Blockabschnitte umgekehrt ist, da sich im zweitnächsten Blockabschnitte ein vorausgehender Zug befindet, so wird in dem Augenblicke, wo T_1 auf die isolierten Schienen gelangt, der Strom bei T_1 ein- und T_2 austreten, also m_1 und m_2 derart magnetisiert, daß z — nach rechts geworfen — die weißen Lampen erlöschen läßt und dafür die roten Lampen unter Strom setzt. Diese Wirkung wird durch den zweiten Strom ähnlich wie oben verschärft, wenn T_2 auf die isolierten Schienen gelangt.

Empfängt ein Zug das rote Lichtsignal, so muß der Lokomotivführer sogleich alle Mittel aufwenden, um den Zug anzuhalten und dann vorsichtig das Hindernis aufzusuchen. Gelangt nun unterdessen der vorauslaufende Zug außer Bereich beider Blockabschnitte, die zwischen den zwei Zügen liegen, so erhält der Folgezug an der nächsten Blockstelle Nachricht, indem durch die normale Polarität der betreffenden Batterieanschlüsse auf der Lokomotive Signalwechsel erfolgt, es erscheint wieder das weiße Licht, und der Lokomotivführer darf die Fahrt wieder mit voller Geschwindigkeit aufnehmen.

Eine Verbindung der Vorrichtung mit hörbarem Signal oder einer selbsttätigen Bremsenauslösung ist natürlich auch hier ohne weiteres möglich. Hierbei wird das Triebwerk des Distanzsignales ausgelöst, letzteres auf „Halt" gebracht und also der in die Station eingefahrene Zug gedeckt. Der im Laufwerk eingebaute Induktor entsendet hierbei seinen Strom über Kollektor *20* — hierbei geschlossen — durch den jetzt geschlossenen Kontakt *21* in die Freileitung, durch den noch geschlossenen Doppelkontakt *22* des letzten Blocksignales in die Wechselstromauslösung und dann zur Erde. Da auch der andere Induktorpol direkt an Erde liegt, bewirken die Wechselströme die Triebwerksauslösung, das letzte Blocksignal wird wieder in die „Frei"-Stellung gebracht und die dritte Blockstrecke für den Verkehr freigegeben.

Der erwähnte Kontakt *21* ist infolge der mechanischen Rückstellung nur so lange geschlossen, als das den Umschalter bewegende Triebwerk in Tätigkeit ist; nachdem seine Bewegung vollendet ist, ist die Normalstellung wieder hergestellt und also auch der Kontakt *21* wieder unterbrochen.

Da die Blocksignale derart auf der Strecke verteilt sind, daß sie in unmittelbare Nähe von Wächterhäusern zu liegen kommen, kann der Wächter die Stellung der Signale jederzeit beobachten und also beim eventuellen Nichtbeachten eines Haltsignales seitens des Lokomotivführers denselben rechtzeitig aufmerksam machen. Zu dem Zwecke ist beispielsweise 300 Meter vor jedem Blocksignal ein Schienenkontakt eingebaut, der nur dann wirkt, wenn der Zug bei Haltsignal denselben passiert. Zweck des Schienenkontaktes ist es, den Wächter mittels Fortläuteglocke zu alarmieren. Der Stromlauf ist dann folgender:

Der eine Batteriepol b_7 liegt ständig an Erde, der andere Pol ist durch das Relais r, den nur bei der Haltstellung des Armsignales geschlossenen Doppelkontakt *23* und Schienenkontakt VI gleichfalls an Erde gelegt. Das

Relais *r* beim Wächter kommt zur Wirkung und schaltet infolge Abfallens des Ankers eine kräftig tönende Glocke *g* ein.

Um ferner die Station gegebenenfalls decken zu können, muß das Stationsdeckungssignal (Distanzsignal) seitens der Station in jede beliebige Stellung gebracht werden können, ohne daß dadurch das rückwärts gelegene Blocksignal beeinflußt wird. Zu dem Zwecke dient der bereits beschriebene, im Distanzsignal eingebaute Umschalteapparat. Dieser schaltet die Deblokierleitung überhaupt nur dann ein, wenn der Zug den Schienenkontakt IV passiert hat.

Im Falle des Versagens eines Triebwerkes, in der es die „Halt“-Stellung nicht einnehmen kann, bleibt der Zug also durch das rückwärtige Blocksignal gedeckt, da dieses in der „Halt“-Stellung verbleibt, weil ein deblockierender Strom nicht anlangt.

Die Blocksignalsysteme Krizik.

Franz Krizik (Prag) hat, wie bereits oben angedeutet, zwei Blocksignalsysteme ausgearbeitet und wirkt das erste (ältere) ganz ohne Mitwirkung von Bahnwärtern, während bei dem zweiten (neueren) die Bahn- bzw. Blockwärter an den Blockstellen noch bestehen bleiben und sich an der Signalbedienung mit beteiligen. Die teilweise Selbsttätigkeit der Einrichtung soll also in erster Linie nur eine Vereinfachung und Beschleunigung der Signalgebung herbeiführen. Auch sollen dadurch alle Irrungen u. dgl. vermieden werden, welche ausschließlicher Bedienung von Hand unterlaufen könnten.

Für das Zugpersonal sind an den Blockstellen nur Flügelsignale vorhanden mit einem elektrischen Stellwerk, bei dem ein Motor unter Zwischenschaltung eines Vorgeleges auf einen doppelarmigen Hebel einwirkt, der mit der Zugstange für den Signalflügel in Verbindung steht.

Beim vorliegenden System[1]) ist nun noch an jedem Signalstellwerk ein doppelter Umschalter *1*, *2*, *5* und *3*, *4*, *6* vorhanden (Fig. 42). Dieser wird durch die Hauptstellwerksachse vermittels eines Krummzapfens derart mitbewegt, daß stets kurz vor dem Vollzug eines Signalwechsels von „Frei“ auf „Halt“ im zugehörigen Umschalter die leitende Verbindung *5*, *2* und *6*, *4* gelöst und dafür die Stromwege *5*, *1* und *6*, *4* hergestellt werden, während umgekehrt — gleichfalls unmittelbar vor Erreichung der Endlage bei der Flügelumstellung von „Halt“ auf „Frei“ — die Kontakthebel von *5*, *1* und *6*, *3* wieder auf *5*, *2* und *6*, *4* zurückgelangen.

Einen zweiten wichtigen Hauptteil jeder Blockstelle bildet der eigentliche Verriegelungs- oder Sperrapparat. Dieser stellt gleichfalls einen Umschalter *7*, *8*, *9* dar, seine beiden Kontaktlagen *7*, *9* und *8*, *9* werden mittels eines eigenen Motors *p q d* gewechselt. Die Achse des Ankers *d* treibt hier lediglich mit seinem Triebe (ohne Vorgelege) ein Zahnrad an, dieses wirkt mittels eines seitlich eingesetzten isolierten Bolzens kurz vor Erreichung seiner jeweiligen Endlage auf den Umschalter ein und schiebt zugleich den weißen und roten Teil einer auf die Radachse aufgedeckten Blechscheibe vor das Fenster des Apparatkastens, so daß rot sichtbar wird, wenn Kontakt *7*, *9* besteht und weiß, wenn Stromweg *8*, *9* geöffnet ist. An den Blockstellen der Strecke befinden sich ferner in der Regel drei Handumschalter *f*, *h* und *z* für den Gebrauch der Wärter.

1) Elektrotechn. Zeitschrift 1900, S. 998.

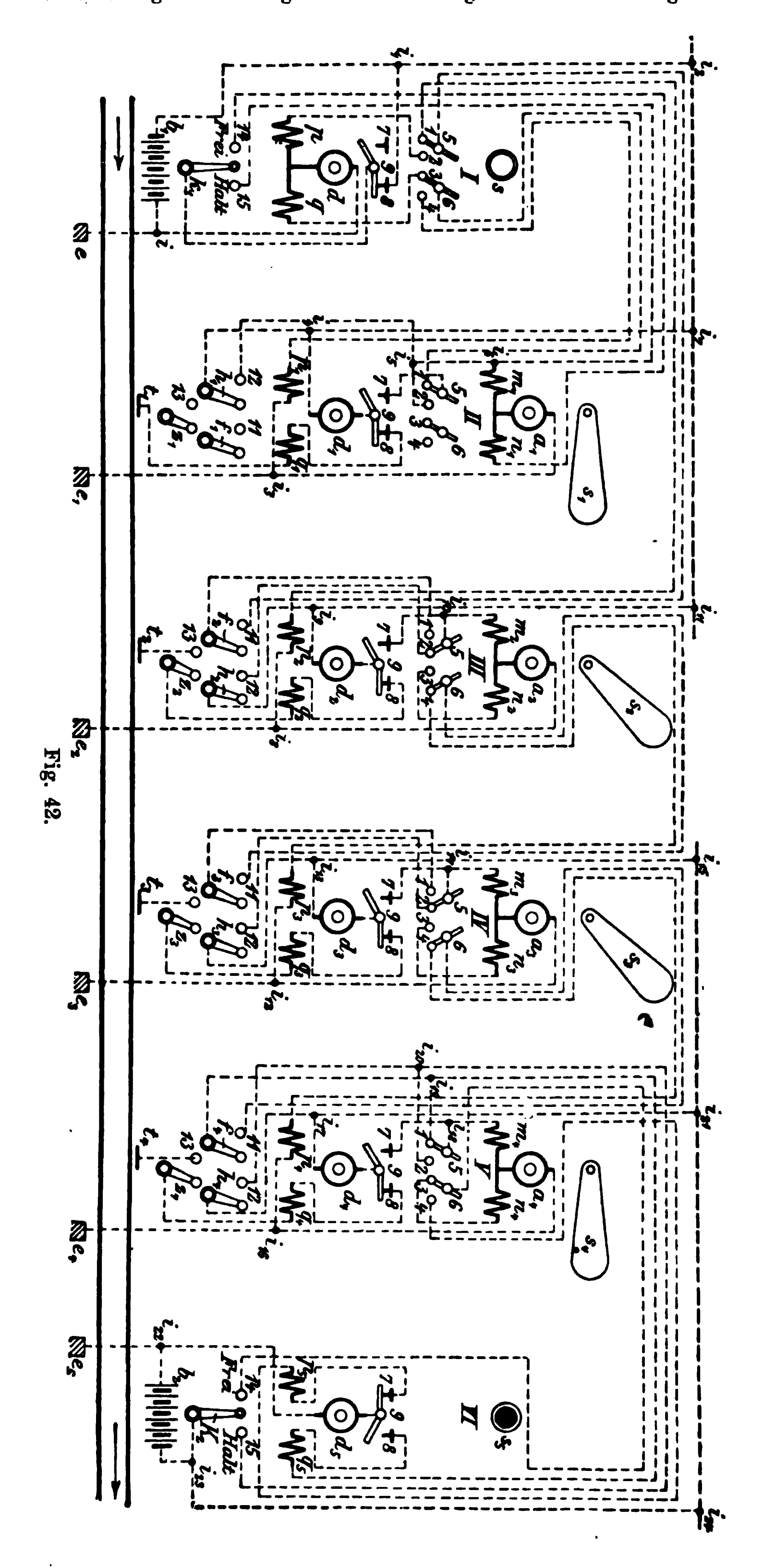


Fig. 42.

Von diesen dient f zum regulären Entblocken des vom Zuge verlassenen Blockabschnittes, h zum Haltstellen des Signales bei außergewöhnlichen Vorkommnissen und z als Zustimmungskontakt.

Der Stellhebel des letzteren, der bei jeder Vorbeifahrt eines Zuges vom Wärter auf Kontakt *13* zu stellen ist, kann allenfalls auch mit einem dem Zugpersonal wahrnehmbaren Handsignal zwangläufig verbunden sein. Der Hauptzweck des Zustimmungskontaktes liegt darin, daß er den Wärter zwingt, unbedingt zur rechten Zeit am Blockposten zur Zugbeobachtung anwesend zu sein.

Jede äußere Blockstelle ist schließlich noch mit einem Schienenkontakt t versehen. Dieser wird vom Zug betätigt und stellt hierbei lediglich einen Erdschluß her, der so lange dauert, wie das Umstellen des Sperrapparates von weiß auf rot. Jeder Radtaster, Schienendurchbiegekontakt oder sonstiger Streckenstromschließer kann also verwendet werden, sobald er der genannten Bedingung entspricht.

Zum Betrieb der Motoren können lediglich Akkumulatorenbatterien vor 80 bis 100 Volt in den Stationen aufgestellt werden, diese dienen je für zwei angrenzende Streckenhälften als gemeinsame Stromquelle, wie das Stromlaufschema Fig. 42 zeigt, das sich auf das linke Gleis einer Doppelbahn bezieht, mit Stationsblock I und VI, Bahnhofabschlußblock II und V und Streckenblockstellen III und IV.

An den Stationsblock I und VI ist nun je e i n Motor vorhanden. Dieser bewegt in I sowohl den Umschalter *1, 5, 2, 3, 6, 4* als den Umschalter *7, 8, 9* nebst der Farbenscheibe des Blockfeldes. Der Motor in VI besorgt nur das Umstellen der zuletzt genannten zwei Teile. Beiderseits ist aber auch ein Handumschalter k_1 und k_2 vorhanden, der in gewöhnlicher Weise vom Weichenstellwerk durch eine Verriegelung in Abhängigkeit gebracht ist und dessen Benutzung ausschließlich vom Stationsbeamten zu erfolgen hat. Will dieser einem Zuge die Ausfahrt gestatten, so stellt er k_1 auf Kontakt *14*. Es gelangt dann ein Strom — vorausgesetzt daß der Weg *8, 9* in I hergestellt, also der Apparat deblockiert ist und w e i ß zeigt — über i_1, *8, 9*, k_1, *14* nach II und von hier über n_1, a, e_1 und e zu b zurück.

Hierdurch wird s_1 auf „freie Fahrt“ gestellt, wobei sich gleichzeitig in II der Stromweg *5, 1* löst und der von *5* nach *2* herstellt.

Sollte ein Anlaß eintreten, die erteilte Ausfahrtbewilligung wieder zurückzunehmen, so legt der Beamte in der Station die Kurbel k_1 auf Kontakt *15*. Es fließt dann der über i_1, *8, 9*, k_1, *15* nach II gelangende Strom der Batterie b_1 in II über i_6, m_1, a_1, e und stellt s_1 wieder auf „Halt“ zurück.

Verläßt ein Zug anstandslos die Station, so stellt er beim Passieren der Ausfahrtblockstelle durch Betätigung des Streckentasters von b_1 über i_2, i_7, i_4, d_1, *9, 8* durch die Magnetwindungen q_1 und über t_1 zur Erde e_1 einen Stromschluß her. Durch diesen wird q_1 erregt und der Sperrapparat in II von weiß und rot gebracht, der Stromweg *8, 9* wird hierbei unterbrochen und *9, 7* hergestellt. Diese Änderung des Stromweges schafft für den ebengenannten Strom in II noch einen neuen Weg: von *9* weiter über *7, 5, 2*, i_5, i_6, m_1, a_1, Erde, diesen Strom stellt s_1 auf „Halt“. Hierbei wird durch den Kontaktwechsel im doppelarmigen Umschalter ein neuer dritter Weg in II geschlossen und zwar wieder von *9* aus über *7, 5, 1* nach I und über *6, 3*, q, d zur Erde. Durch diesen dritten Strom in I erfolgt die Blockstellung des Sperrapparates, wobei sich s von weiß in rot umwandelt und

im zugehörigen doppelarmigen Umschalter ein vierter Stromweg geöffnet wird: von *9* in II über *7, 5, 1,* dann in I über *6* und *4* und dann wieder in II über p_1, i_3 und e_1. Dieser Strom stellt nun auch in II das rote Feld auf weiß zurück. Es hört dann infolge der hierbei in II erfolgten Unterbrechung des Kontaktes *7, 9* jede weitere Stromsendung auf, im Ausfahrtsblock haben alle Teile ihre Normallage (wie die Figur darstellt) wieder angenommen.

Der zwischen II und III fahrende Zug ist durch das auf „Halt" stehende Signal s_1 gedeckt und zugleich durch den Umstand gesichert, daß der Stationsbeamte wegen der Unterbrechung des Stromweges *9, 8* in seinem Apparate außer Stand gesetzt ist, einem Folgezuge die Ausfahrt zu gestatten bzw. s_1 auf „Frei" zu stellen.

In II ist abweichend von der normalen Einrichtung der Streckenblockstellen nur ein Notfalltaster h_1 betriebsmäßig eingeschaltet, der Deblockiertaster f_1 und Zustimmungstaster z_1 bleiben dagegen unbenutzt.

Beim Vorrücken des vorbeschriebenen Zuges bis zum Posten III hat dort der Wärter den Zustimmungstaster z_2 auf *13* zu legen. Es gelangt also bei Betätigung des Streckenkontaktes t_2 durch den Zug ein Strom von b_1 über i_2, i_{11}, i_2, d_2, *9, 8,* q_2, z_2, *13,* t_2 zur Erde. Dieser stellt den Sperrapparat in III von weiß auf rot. Derselbe Strom findet dann seinen Weg über *7,* m_2, q_2, e_2 und bringt e_2 auf „Halt". Der Zug fährt jetzt gedeckt zwischen III und IV und und der Wärter in III kann nun nach rückwärts deblockieren. Zu dem Zwecke legt er f_2 auf *11,* es geht dann der Strom über i_2, i_{11}, i_9, d_2, *9, 7,* i_{10}, *5, 1,* f_2, *11* und in I über *5, 2,* p, d und i. Der hier fließende Strom stellt in I wieder die Lage „frei" (weiß) her.

Zufolge der mit letztgenannten Vorgängen verbundenen Änderung der Umschaltelage wird noch ein weiterer Strom von *5* in I an seinen Weg über I nach III und hier über p_2 und i_8 zur Erde nehmen, es stellt sich deshalb nunmehr auch der Sperrapparat der Blockstelle III von rot wieder auf weiß ein.

Gelangt der Zug weiter nach IV, so erfolgt ganz ähnlich, wie bei III zuerst durch den Einfluß des Streckenkontaktes t_3 und mittels des auf *13* gelegten Zustimmungstasters z_3 ein Farbenwechsel in d_3 und durch die selbsttätige Umstellung des Signales s_3 auf „Halt". Der Bahnwärter kann dann mittels f_3 den Deblockierstrom nach II entsenden, hierdurch wird s_2 auf „frei" zurückgebracht und danach selbsttätig der Sperrapparat von IV wieder auf weiß umgestellt.

Die gleichen Vorgänge folgen sich an der Einfahrtblockstelle V, die wie eine gewöhnliche Streckenblockstelle eingerichtet ist und nur noch zwei Fernleitungen besitzt, um die Wechselbeziehungen mit VI zu vermitteln.

Das Abschlußsignal s_4 steht für gewöhnlich auf „Halt"; das Einlassen eines Zuges bleibt lediglich Sache des Stationsbeamten, der zu dem Zwecke den Umschalter k_2 auf Kontakt *14* legt, so daß von b_2 über i_{28}, k_2, *14* ein Strom entsteht, der in V seinen Weg über *6, 3,* n_4, a_4 zur Erde nimmt, und so s_4 auf „frei" stellt. Vermöge der hierbei stattfindenden Kontaktänderung geht derselbe Strom in V von *6* aus über *4* wieder nach VI zurück, um hier über p_5, *7, 9,* d_5 und i_{22} den Stationsblock von rot auf weiß umzustellen.

Soll die erteilte Einfahrtbewilligung widerrufen werden, so bringt der Beamte k_2 auf *15.* Hierauf vollzieht sich in ähnlicher Weise wie früher bei der Freistellung, die Umstellung von Signal s_4 auf „Halt" und dann die

selbsttätige Änderung des Stationsapparates von weiß in rot. Letzterer wird — abgesehen von Geber k_2 — also ein Rückmelder des Einfahrtsignales s_4.

Betreffs der in allen äußeren Posten der Blockeinrichtung vorhandenen Taster *h* ist zu bemerken, daß diese stets, sobald das betreffende Flügelsignal die Lage „Frei" einnimmt, direkt zur haltstellenden Motorwicklung *m* verbunden sind, sie ermöglichen also zu jeder Zeit die sofortige Umstellung des eigenen Signales auf „Halt". Zur Benutzung sind sie nur in besonderen Fällen der Gefahr bestimmt, namentlich auch dann, wenn der Wärter durch einen außergewöhnlichen dringenden Anlaß verhindert wird, den Zustimmungstaster zu handhaben. Es sind deshalb diese Taster *h* für gewöhnlich unter kontrollierbaren Verschluß gestellt. Die Handhabung der Deblockiertaster *f* ist dagegen völlig frei gegeben, da diese, wie gezeigt wurde, nur nach vorausgegangener Haltstellung des Signales und zwar nur einmal für jeden Zug wirksam benutzt werden können.

Das Blocksignal von Franz Krizik in Prag in seiner neuesten Ausgestaltung (nicht rein selbsttätig).

Über eine Umgestaltung des Krizikschen Blocksystemes berichtet Adolf Prasch in einem im Elektrot. Verein in Wien am 3. April 1901 gehaltenen Vortrag, abgedruckt in der Zeitschrift für Elektrotechnik, Wien, 1901, S. 259.

Die Grundanordnung zeigt keine prinzipielle Änderung, denn der Antrieb der Signalwerke erfolgt nach wie vor mittels Elektromotoren von gleicher Ausführung wie oben beschrieben.

Ein wesentlicher Unterschied der neuen Ausführungsform besteht darin, daß die Elektrizitätsquelle (Akkumulatoren) nicht wie ursprünglich auf der Lokomotive untergebracht werden.

Die mit einer solchen Anordnung verbundenen Unannehmlichkeiten bestanden hauptsächlich darin, daß die Lokomotive mit einem stromführenden Kontaktgeber verbunden sein mußte, der die Elektrizität an die längs der Strecke verlegten Schienenkontakte leitet und von da weiter durch die Schienen zu den Apparaten. Bei großer Zuggeschwindigkeit sind dergleichen Kontaktgeber nicht sehr zuverlässig und bedingen außerdem zur Erzielung genügend langen Kontaktschlusses sehr lange Kontaktschienen. Hauptsächlich aber ist der ganze Betrieb auf derartig eingerichtete Lokomotiven angewiesen, bei großem Güterandrang also, bei dem etwa von Nachbarbahnen Lokomotiven gemietet werden könnten, würden diese ohne Zugsicherung fahren.

Zur Vermeidung dieser Übelstände werden die Akkumulatoren nur in der eine Blockstrecke abschließenden Station untergebracht und den einzelnen Blockposten der von der Batterie abzugebende Strom mittels besonderer Leitungen zugeführt. Die Zahl der Batterien wird hierdurch gleichzeitig vermindert und ist nur für eine Blockstrecke eine Akkumulatorenbatterie erforderlich.

Die den Hauptstrom führende Leitung verläuft nun nicht längs der ganzen Blockstrecke, sondern führt nur bis zu dem Streckenblockposten, der der Streckenmitte am nächsten liegt. Hierdurch wird also zwischen den beiden rechts und links der Streckenmitte liegenden Blockposten diese Leitung gespart.

Die Akkumulatorenbatterie muß hierbei nach zwei Richtungen hin wirken.

Diese Anordnung ergibt außer dem genannten Vorteil, der also auch eine Ersparnis der Unterhaltungskosten mit sich bringt, den, daß die Sammlerbatterien mit zur Stromlieferung für den Telegraphenbetrieb und den sonstigen elektrischen Signalisierungsdienst verwendet werden können.

Eine weitere prinzipielle Neuerung bildet das Verlassen eines rein automatischen Betriebes.

Um bei dieser Änderung nicht die Vorteile des automatischen Signalbetriebes ganz aufgeben zu müssen, wurde in den Stromkreis jedes Signales ein eigener Kontakt eingeschaltet, der den Stromweg normal, d. h. wenn nicht bedient, unterbrochen hält. Dieser Kontakt, also ein Zustimmungskontakt, ist von dem bedienenden Wärter nur so lange geschlossen zu halten, bis dieser Zug den zu diesem Wärterposten bzw. Signalarm gehörigen Schienenkontakt überfahren hat. Dieses Schließen des Zustimmungskontaktes ermöglicht erst unter der weiteren Voraussetzung, daß das zugehörige Signal die Freilage einnimmt, eine Stromentsendung in das Laufwerk dann, wenn gleichzeitig die Verbindung des Schienenkontaktes mit der Erde durch den Zug hergestellt wird. Trifft eine dieser Voraussetzungen nicht zu, so ist eine Stromentsendung in den Apparat und somit eine Umstellung des Signales nicht möglich.

Die gegenseitige Abhängigkeit der Apparate untereinander ist ferner durch geeignete Umschaltevorrichtungen gesichert. Diese stellen sich bei der Bewegung der Laufwerke in einer Weise um, daß ein Apparat seine Tätigkeit erst dann beginnen kann, wenn der andere, von dem er abhängig ist, seine Bewegung bereits vollzogen hat. Diese Abhängigkeit ist folglich eine absolute.

Um dies zu erreichen, ist für jeden Blockposten außer dem Signalstellwerke ein zweites kleineres Laufwerk angeordnet. Dieses hat nicht nur den Zweck, die ganze Funktion einzuleiten, sondern dient auch zur Kontrolle über den richtigen Vollzug aller vorgeschriebenen Bewegungen. Weiter hat es die Aufgabe, nach Beendigung der letzteren den Strom von dem Apparate selbsttätig abzuschalten.

Der Vorteil, der durch diese Anordnung erreicht wird, ist, daß Stromverluste durch Kurzschluß der Apparate fast unmöglich gemacht sind. Außerdem wird erreicht, daß Ableitungen durch die Schienenkontakte für gewöhnlich nicht stattfinden können, denn im Ruhezustande des Zustimmungskontaktes ist die Verbindung der Stromzuführungsleitung mit dem Schienenkontakt unterbrochen. Ein Stromschluß tritt erst dann ein, wenn das betreffende Blockwerk sich auf „Frei" (Normalstellung) befindet, der Zustimmungskontakt geschlossen ist und der Zug gleichzeitig den Schienenkontakt betätigt.

Die Abänderung des eigentlichen Stellwerkes besteht nun in der Verbindung desselben mit einem besonderen Doppelhebel-Umschalter.

Die Blocksignaleinrichtung bei der Barmen-Elberfelder-Schwebebahn.

Die bei der Barmen-Elberfelder Schwebebahn zur Verwendung gelangte Blocksignaleinrichtung arbeitet nach dem Grundsatze, daß das Fehlen eines Signales an der Bahnhofsausfahrt als Haltsignal gilt.

Die wesentlichen Kennzeichen des nachstehend nach einem Aufsatz von Kohlfürst in der Elektrotechn. Zeitschrift 1901, S. 517 ausführlicher beschriebenen Systems sind etwa folgende:

Die Blockabstände sind gleich den Stationsabständen.

Eine kurze Strecke hinter dem Bahnhofe überfährt der Zug einen isolierten Teil in der Stromzuführungsschiene, bleibt jedoch durch einen der beiden Stromabnehmer in Verbindung mit der Spannungsleitung.

Es verläuft dann über den isolierten Teil ein Signalstrom, der das gerade passierte Signal auf „Halt“ stellt (das grüne Licht auslöscht).

Die Unterbrechung, die eintritt, wenn der erste Stromabnehmer die isolierte Schiene verläßt, bereitet eine Schaltung für die Entblockung des Signales der zurückliegenden Stationen vor. Die Entsendung des zugehörigen Stromes tritt ein, wenn der zweite Stromabnehmer die isolierte Schiene trifft.

Die grünen Lampen, welche der rückliegenden Station als Ausfahrtsignal dienen, werden indessen erst dann angezündet, wenn der nachfolgende Zug etwa 100 Meter vor der Station eine andere isolierte Schiene trifft.

Die Einrichtung dieser s e l b s t t ä t i g e n Blockanlage ist im übrigen bei der S c h w e b e b a h n B a r m e n - E l b e r f e l d damit begründet, daß die hintereinanderfolgenden Züge, die eine sehr erhebliche Belastung aufweisen, mit einer Geschwindigkeit verkehren, die derjenigen gewöhnlicher Trambahnzüge drei bis viermal überlegen ist. Für den Betrieb der Blockanlage werden die erforderlichen Ströme unmittelbar als Zweigströme der Arbeitsleitung der Eisenbahnlinie entnommen.

Sowohl aus wirtschaftlichen Gründen, als um die Zugführer von der Verpflichtung, während der Fahrt Streckensignale zu beobachten, zu entlasten, sind Blockposten nur in der nächsten Nähe der Stationen eingerichtet worden und zwar derart, daß das betreffende sichtbare Streckensignal den Zügen schon beim Erreichen der Haltestelle wahrnehmbar wird und als A u s f a h r t s i g n a l gilt. Bevor der in einer Station stehengebliebene Zug seinen Weg wieder fortsetzen darf, muß also das Signalzeichen für F r e i e F a h r t an der Blockstelle angelangt sein. Dies ist nur dann möglich, wenn der nächstvorausgegangene Zug die Nachbarstation bereits passiert hat. Die äußeren Blockstellen, d. h. die zu denselben gehörigen Streckensignale befinden sich mithin, auf die Richtung der Züge bezogen, denen sie gelten, stets h i n t e r den Anhaltestationen. Die Gesamteinrichtung der Blockstellen besteht jedoch für jede Fahrrichtung in jeder Station aus zwei örtlich voneinander getrennten Teilen, nämlich aus der Signalvorrichtung des Stationsleiters und aus der Signalvorrichtung auf der Strecke.

In einem gewissen Abstande von der Station, gemessen in der Fahrrichtung, sind lange trichterförmige Kästen angebracht, die die Signallichter — rotes oder erloschenes Licht ist Haltezeichen, grünes Licht: Strecke frei bis zur nächsten Station — enthalten. Die Betätigung dieser Lichtsignale erfolgt in der Weise, daß der Zug selbst, der mit zwei unter sich verbundenen Kontaktapparaten ausgerüstet ist, beim Ausfahren aus den Haltestellen eine in die Kontaktleitung eingebaute Isolierstrecke überfährt, die leitend mit den Blockapparaten verbunden ist.

Hierdurch wird die Isolierstrecke zweimal kurz hintereinander unter Strom gesetzt und es gelangen zwei Stromstöße in den Apparat, die folgendermaßen wirken.

Der erste Stromstoß verwandelt das grüne Licht in rotes und löst einen Hebel aus, der jedoch nur teilweise frei wird. In dem Augenblicke, wo die Isolierstrecke stromlos wird, löst der Hebel ganz aus und stellt dadurch Ver-

bindung zwischen der Isolierstrecke und dem Blockapparat der rückliegenden Station her. Der zweite Stromstoß schaltet dort das rote Licht in grünes um.

Der Stromlauf ist in Fig. 43 dargestellt. Soll ein Zug in Station I ausfahren, so muß das Ausfahrtssignal grünes Licht zeigen. Beim Passieren der Isolierstrecke J geht Strom von dieser zur Spule E_I. Dieser zieht den Anker M_I an und schaltet dadurch das grüne Licht in rotes um. Von E_I geht der Strom nach F_I. Hierdurch wird gleichzeitig mit dem Umschalten des Lichtes im Signalkasten K_I durch Drehen eines Ankers, mit dem das Sperrstück S_I verbunden ist, der Hebel L_I teilweise frei.

Ein anderer Teil des Stromes geht zum Kontakt des Hebels L_I. Hier kann er aber nicht weiter, da dieser Kontakt offen ist. Wird jetzt die Isolier-

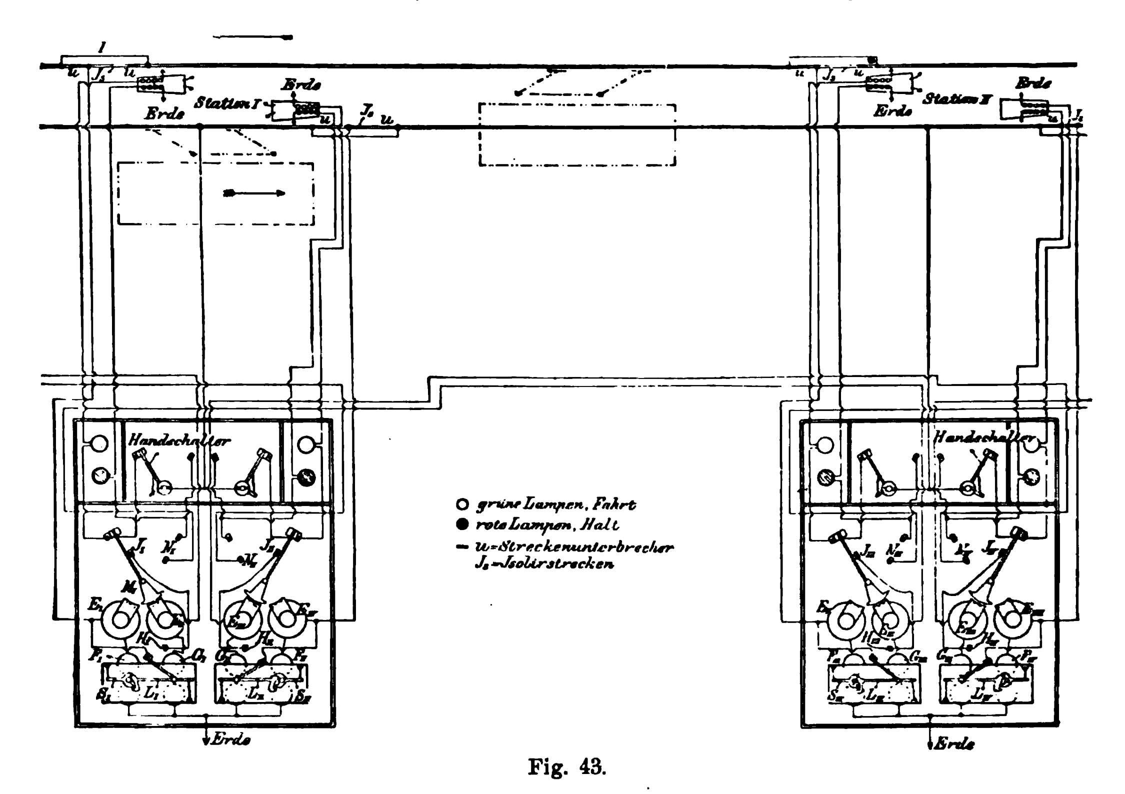


Fig. 43.

strecke stromlos, so hört auch die drehende Wirkung der Spule F_I auf und eine kleine Feder bringt den Anker mit dem Sperrstück wieder in seine ursprüngliche Lage. Hierbei wird der Hebel L_I ganz frei und stellt durch eine andere Feder betätigt, bei H_I Kontakt her. Im nächsten Augenblicke erfolgt der zweite Stromstoß. Der die Spulen E_I und F_I durchfließende Strom übt jetzt keine neue Wirkung mehr aus, dagegen kann jetzt ein Teil des Stromes über L_I nach H_I und von da über J_I nach N_I zur rückliegenden Station II gelangen. Hier durchfließt er zunächst die Spule E_{VI}, wodurch das Ausfahrtsignallicht nach Station I von rot in grün verwandelt wird und geht dann durch die Spulen G_{III}. Diese drehen einen Anker, der mit L_{III} verbunden ist. Dies hat zur Folge, daß der Kontakt L_{III}—H_{III} geöffnet und L_{III} wieder von S_{III} gesperrt wird. Dieses Spiel wiederholt sich nun fortgesetzt bei Ausfahrt aus jeder Station.

Für jede Haltstelle sind zwei Blockapparate erforderlich, einer für jede Seite.

Die Sicherheit der ganzen Einrichtung liegt hauptsächlich an der Verzögerungsvorrichtung des Sperrhebels *S*. Ohne zwei Stromstöße kann kein Signal auf Grün umgeschaltet werden. Sollte ferner aus irgend einem Grunde die Spule *E* nicht arbeiten, und also das vorliegende Signal nicht rot, aber der Hebel ausgelöst werden, so kann, da der Kontakt *JN* nicht hergestellt ist, doch kein Strom in die rückliegende Station gelangen. Eine Umwandlung des dortigen roten Lichtes in grünes ist unmöglich.

Um dem Stationswärter die Möglichkeit zu geben, jederzeit die Strecke bzw. Ausfahrt sperren zu können, sind mit den Blockapparaten kleine Schalter verbunden. Mit diesen kann der Stromlauf an den Lampen so abgeändert werden, daß unabhängig von der Stellung selbst das Signallicht stets rot bleibt.

Ist die Störung beseitigt, so stellt der Wärter den Umschalter wieder um und das Signallicht wird grün, wenn der Zustand des Blockapparates dies erlaubt.

Der Wärter kann also jedes Fahrsignal in Haltsignal verwandeln, nicht aber umgekehrt, es sei denn, daß er das Haltsignal mit dem Umschalter selbst vorher gegeben hat und der Blockapparat freie Fahrt anzeigt.

Diese Streckensicherung ist nur dann anwendbar, wenn die Züge stets in derselben Richtung fahren.

Die Zugsicherungseinrichtung von G. Schreiber.

Als letztes Beispiel einer selbsttätigen Zugsicherungseinrichtung, die ebenso wie die vorstehend beschriebene Einrichtung der Barmen-Elberfelder-Schwebebahn in Deutschland Eingang gefunden hat, möge hier die Elektrische Zugsicherungseinrichtung von G. Schreiber näher erläutert werden.[1])

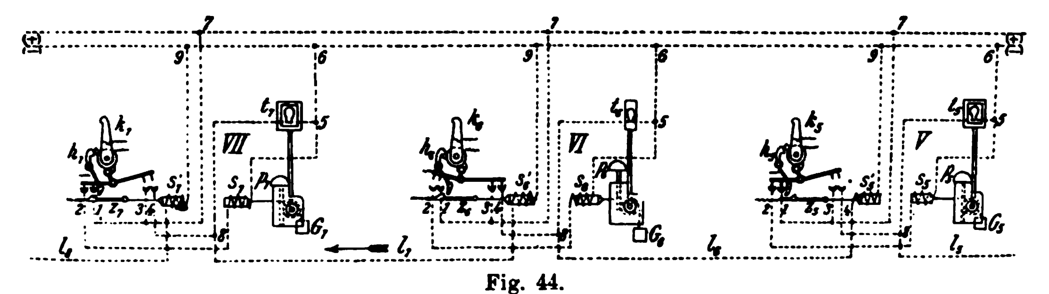


Fig. 44.

Das System hat beispielsweise auf der normalspurigen Industriebahn, welche die Werke Muttershausen, Neuschmelz und Lindel der Firma De-Dietrich & Co. in Nieder-Bronn mit Station Bannstein der Deutschen Reichsbahn (Lothringen) verbindet, Verwendung gefunden.

Ein Kennzeichen der Signaleinrichtung besteht darin, daß die — in ihren Einzelheiten nicht besonders dargestellten — Bremsenauslöser und die Streckenstromschalter nicht unmittelbar nebeneinander ins Gleis eingebaut, sondern mindestens soweit angeordnet sind, daß ihre Entfernung dem größten Bremsweg der auf der Bahn verkehrenden Züge entspricht.

In der schematischen Darstellung Fig. 44 ist das Schreibersche System

1) Kohlfürst, Sammlung elektrotechn. Vorträge, Bd. VI, Heft 2.

etwa für eine Stadtbahn dargestellt, die eine in sich zurückkehrende Bahnlinie bildet. Diese könnte also entweder als Schleife verlaufen oder als Doppelgleis ausgeführt sein, das in End- und Anfangsstation durch bogenförmige Kehren in Verbindung steht.

Die Sicherungsanlage kann dabei als geschlossener Ring eingerichtet sein, in der Figur erscheint sie als drei aufeinanderfolgende Sicherungsstellen V, VI und VII. Die Hemmpflöcke $p_5, p_6, p_7 \ldots$ und die Laternensignale $t_5, t_6, t_7 \ldots$ deuten die Bremsauslösevorrichtung an, die Kippspeichen $k_5, k_6, k_7 \ldots$ die Streckenstromschalter.

Die elektrischen Teile der beiden Vorrichtungen sind durch Anschlußkabel bei den Abzweigpunkten *6*, *7*, *9*, an die stromführenden Leitungen gelegt, die von einem Generator oder einer Sammlerbatterie aus die ganze Strecke entlang laufen. Außerdem verbinden die Fernleitungen $l_5, l_6, l_7 \ldots$ jede Sicherungsstelle mit der Nachbarstelle. Für die Bemessung der Abstände zwischen den Sicherungsstellen sind wie sonst bei Blocksignalstellen die Verkehrsdichte und die Gefällverhältnisse der Bahn maßgebend.

In dem auf der Figur dargestellten Beispiel, das sich im übrigen den verschiedensten Sonderbedürfnissen anpassen läßt, werden die Sicherungsstellen am einfachsten in die Nähe der Haltestellen der Züge angebracht. Die Laternen $t_5, t_6, t_7 \ldots$ vertreten gleichsam die Stelle eines Ausfahrtsignales, ein Zug kann also die Haltestelle nur dann verlassen, wenn die in ihrer breiten Fläche parallel zur Bahnlinie stehende unbeleuchtete Laterne den Weg bis zur nächsten Haltestelle als zugfrei anzeigt.

Die Figur zeigt die Stellung der Teile, wo auf Strecke V bis VI, VI bis VII und VII bis VIII kein Zug verkehrt. Hier werden bei jeder Auslösevorrichtung für die Bremsen die Solenoide $s_5, s_6, s_7 \ldots$ über *7*, *1*, *2*, *5*, *6* vom Strom durchflossen und der zugehörige Hemmpflock $p_5, p_6, p_7 \ldots$ befindet sich an seinem tiefsten, freie Fahrt bedeutenden Punkte, wobei die Laterne $t_5, t_6, t_7 \ldots$ kein Licht zeigt und parallel zum Gleis steht. Ein gegen VI, VII und VIII fahrender Zug findet also seinen Weg überall frei. Die Solenoide s_5', s_6', s_7' — sind, da die Streckenstromschalter bei *3* und *4* unterbrochen sind, stromlos. Sobald sich aber in einem Streckenabschnitte ein Zug befindet (in Fig. 45 für Abschnitt VI und VII angenommen und durch den eingezeichneten Pfeil zugleich bezüglich der Fahrtrichtung angedeutet), ändert sich das Verhältnis in nachstehender Weise.

Beim Einfahren in Abschnitt VI und VII hatte der Zug bei VI die Bahn frei, also die Sicherungsvorrichtung so angetroffen, wie sie bei V, VI und VII in Fig. 44 oder bei V und VII in Fig. 45 angedeutet ist. Sobald der Zug Hemmpflock p_6 ungehindert überfahren hat, und dann zum Streckenstromausschalter gelangt und auf die Kippspeiche einwirkt, geht der Umschalter in die Arbeitslage. Bei dieser ist der gewöhnlich geschlossene Stromweg von *1* nach *2* unterbrochen und eine neue Verbindung von *3* nach *4* hergestellt. Im Solenoid s_6 wird der Anker nicht mehr angezogen, das Hängegewicht G_6 hebt den Hemmpflock p_6 hoch und stellt die Laterne t_6 senkrecht zur Bahnachse; gleichzeitig wird die Glühlampe über *7*, *3*, *4*, *8*, *5*, *6*, vom Strom durchflossen.

Ein dem eingefahrenen Zuge vorzeitig folgender zweiter Zug bekommt also in VI rotes Licht und würde beim Überfahren von p_6 selbsttätig gebremst.

Bevor der Zug *6* die geschilderte Deckung vollzogen hatte, mußte er

die Fahrt von V nach VI in V durch rotes Licht und den gehobenen Hemmpflock p_5 gesichert sein. Diese Deckung wird jedoch dann, wenn sich der in VI eingetroffene Zug durch die Betätigung des Streckenausschalters bzw. die vorgenannte Umstellung der Bremsenauslösevorrichtung wieder gesichert hat, wieder aufgehoben werden, damit die Nachfolge eines weiteren Zuges nicht unnötig behindert wird.

Dies geschieht gleichzeitig mit dem Umkippen der Kippspeiche k_6 durch den Zug: Der hierdurch in VI von *7* über *3* und *4* geschlossene Strom verläuft nur teilweise über *8*, t_6, *5* und *6*, während ein zweiter bei *8* abzweigender Teilstrom über l_6 nach V geht und zurück über s_5' und *9*.

Der letztgenannte Teilstrom bewirkt im Solenoid s_5 eine Ankeranziehung. Die Nase der Auslösestange z_5 rückt den Arm h_5 aus und die Kontaktarme gehen wieder in die Ursprungslage zurück (Fig. 45).

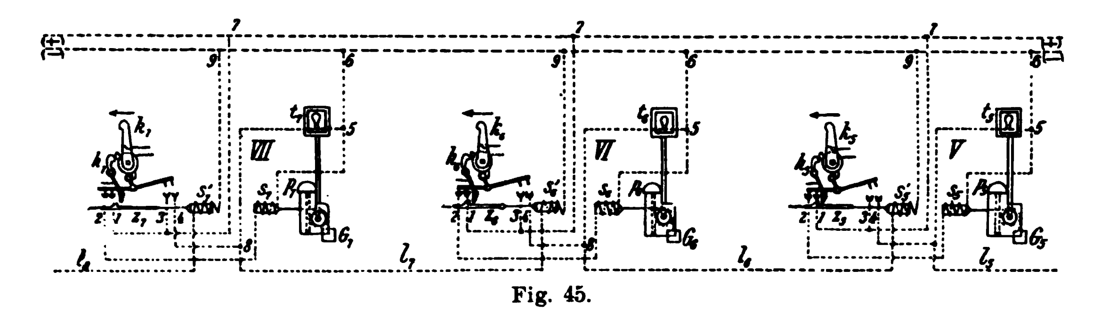


Fig. 45.

Die Auslösestange z_5 behält ihre neue Stellung bei, da ja auch das Solenoid s_5' vom Strom durchflossen bleibt, solange in VI der Streckenstromschalter in der dargestellten Arbeitslage verharrt, d. h. der Zug sich zwischen VI und VII befindet.

Beim Überfahren der Stelle VII wird infolge des daselbst entstehenden Stromschlusses *3*, *4* einerseits die Laterne t_7 zum Aufleuchten gebracht, zugleich aber auch durch den von *7* über *3*, *4*, *8*, l_7, s_6', *9* verlaufenden Teilstrom die Auslösestange z_6 bewegt und Kontaktvorrichtung bei VI in die Ruhelage zurückgestellt. Sobald dies geschieht, wird, da bei VI der Stromweg *3*, *4*, unterbrochen ist, auch das Solenoid s_5' wieder stromlos. Stange z_5 kehrt dabei in ihre Ruhelage zurück und in V nehmen alle Teile ihre gewöhnliche Stellung wieder ein.

In der gleichen Weise wiederholen sich die Vorgänge für alle weiteren Sicherungsstellen.

Anhang.

Stromverbrauch bei elektrisch automatischen Blocksignalen.[1])

Die Berechnungen sind für das — in diesem Kapitel nicht weiter beschriebene — automatische Blocksystem System A. Österreicher aufgestellt worden, das auf der mit ca. 48 Zügen befahrenen Sekundärstrecke Rodaun-Kaltenleutgeben bei Wien Verwendung gefunden hat.

1) Elektrotechn. Anzeiger 1905, S. 287 (Kupka, Wien).

Der Stromverbrauch beträgt bei einem einarmigen Signal:

3 Amp. × 3 Sek. × 100 Volt = 900 Wattsekunden,

bei einem zweiarmigen:

5 Amp. × 3 Sek. × 100 Volt = 1500 Wattsekunden.

Während einer Sekunde ist der Stromverbrauch zwecks Erhaltung eines Signalarmes in der Freilage:

1 Sek. × 0·25 Amp. × 100 Volt = 25 Wattsekunden,

bei zwei Armen:

1 Sek. × 0·5 Amp. × 100 Volt = 50 Wattsekunden.

Die Kosten einer HW-Stunde (österreichische Verhältnisse vorausgesetzt) belaufen sich, vom Elektrizitätswerk bezogen, auf 10 Heller,[1]) 1 Wattsekunde = 0,003 Heller.

Bei Krafterzeugung durch eine transportable Maschine kommt die HW-Stunde auf 13,4 Heller, die Wattsekunde auf 0,004 Heller zu stehen.

Die Kosten der Freistellung eines einarmigen Signales mit 900 Wattsekunden betragen hiernach:

900 × 0,003 = 2,7 Heller bzw. 3,65 Heller,

für ein zweiarmiges Signal mit 1500 Wattsekunden:

1500 × 0,003 = 4,5 Heller bzw. 6 Heller.

Die Kosten des Freihaltens durch 1 Sekunde sind:
bei einem Arm

= 0,003 × 25 = 0,075 Heller bzw. 0,15 Heller,

bei zweiarmigem Signal

= 50 Wattsekunden × 0,003 = 0,15 Heller bzw. 0,2 Heller.

---

1) 1 Heller öster. = ca. 0,85 Pfennige.

Benutzte Literatur.

Die Eisenbahntechnik der Gegenwart, Band II, Abschn. 4 (bearb. von SCHOLKMANN), Wiesbaden.
DINGLERS Polytechnisches Journal, Berlin.
Electrical World and Engineer.
The Electrican, London.
Elektrotechnischer Anzeiger, Berlin.
Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin.
GLASERS Annalen für Gewerbe und Bauwesen, Berlin.
Grundsätze f. d. Ausführung der elektrischen Blockeinrichtungen auf den preußisch-hessischen Staatsbahnen nebst Ausführungsbestimmungen.
KOHLFÜRST, Die Fortentwicklung der elektrischen Eisenbahneinrichtungen. Wien, 1891.
KOHLFÜRST, Neues auf dem Gebiete der elekr. selbsttätigen Zugdeckung. (Sammlung elektrot. Vorträge, Band VI u. IX), Stuttgart 1906.
O. LUEGER, Lexikon der gesamten Technik, Stuttgart.
SCHEIBNER, Die mechanischen Sicherheitsstellwerke im Betriebe der vereinigten preußisch-hessischen Staatseisenbahnen, Berlin 1906.
SIEMENS & HALSKE, Druckschriften Nr. 71, 94, 95 u. 120.
Signalbuch der preußischen Staatsbahnen.
Zeitschrift für Elektrotechnik, Wien.
Zentralblatt der Bauverwaltung, Berlin.

Sach- und Namenregister.

(Die Zahlen bedeuten die Seiten.)

